

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-199850

(43)Date of publication of application : 18.07.2000

(51)Int.Cl.

G02B 13/24

G02B 13/18

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 11-002084

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 07.01.1999

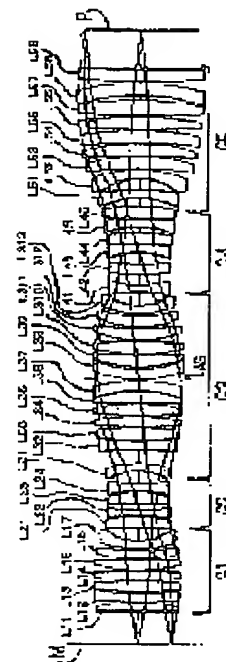
(72)Inventor : KOBAYASHI MISAKO

(54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM, PROJECTION ALIGNER AND PRODUCTION OF DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a projection optical system made achromatic in wide spectral width by providing a 4th lens group having negative refractive power and a 5th lens group having positive refractive power, and further providing at least one or more aspherical shape surfaces and constituting the optical system to satisfy a specified condition.

SOLUTION: This projection optical system projecting the image of a mask M on a pattern P is provided with a 1st lens group G1 having positive refractive power and a 2nd lens group G2 having at least a pair of combined lens components of a positive lens component L21 and a negative lens component L22 and having negative refractive power in order from the mask M side. Furthermore, it is provided with a 3rd lens group G3 having the positive refractive power, the 4th lens group G4 having at least a pair of combined lens components of a negative lens L43 and a positive lens component L44 and having the negative refractive power, and the 5th lens group G5 having the positive refractive power. Then, it is provided with at least one or more aspherical shape surfaces and made to satisfy the specified condition.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-199850

(P2000-199850A)

(43) 公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターミナル (参考)

G 0 2 B 13/24

G 0 2 B 13/24

2 H 0 8 7

13/18

13/18

5 F 0 4 6

G 0 3 F 7/20

5 2 1

G 0 3 F 7/20

5 2 1

9 A 0 0 1

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号

特願平11-2084

(22) 出願日

平成11年1月7日 (1999.1.7)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 小林 美佐子

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100077919

弁理士 井上 義雄

Fターム (参考) 2H087 KA21 LA01 NA02 NA04 PA15

PA17 PB20 QA02 QA03 QA05

QA12 QA14 QA22 QA25 QA33

QA42 QA45 RA05 RA13 RA32

5F046 BA03 CA02 CB12 CB25

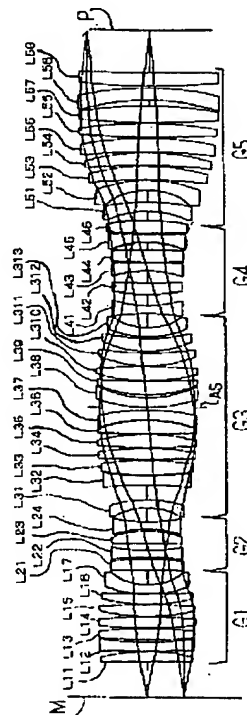
9A001 JJ49 JJ50 KK16 KZ54

(54) 【発明の名称】 投影光学系及び投影露光装置並びにデバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】極めて広い露光領域において諸収差を極めて良好に補正された投影光学系及び投影露光装置を提供すること。

【解決手段】第1物体 (マスクM) の像を第2物体 (パターンP) 上に投影する投影光学系において、前記第1物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、正・負組合わせレンズ成分を少なくとも1組持つ負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、負・正組合わせレンズ成分を少なくとも1組持つ負屈折力の第4レンズ群G4と、正屈折力の第5レンズ群G5と有し、所定の条件式を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1物体の像を第2物体上に投影する投影光学系において、前記第1物体側から順に、
正の屈折力を有する第1レンズ群と、
正レンズ成分と負レンズ成分との組合わせレンズ成分を少なくとも1組持ち、負の屈折力を有する第2レンズ群と、
正の屈折力を有する第3レンズ群と、
負レンズ成分と正レンズ成分との組合わせレンズ成分を少なくとも1組持ち、負の屈折力を有する第4レンズ群と、
正の屈折力を有する第5レンズ群と有し、
前記投影光学系は、非球面形状を有する面を少なくとも1面以上有し、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、
前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、
前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、
前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 、
前記第5レンズ群の焦点距離を f_5 、
前記第1物体から前記第2物体までの距離を L 、
前記第2レンズ群中の少なくとも1つの前記正レンズ成分のアッペ数を νp_2 、
前記第2レンズ群中の少なくとも1つの前記負レンズ成分のアッペ数を νn_2 、
前記第4レンズ群中の少なくとも1つの前記正レンズ成分のアッペ数を νp_4 、
前記第4レンズ群中の少なくとも1つの前記負レンズ成分のアッペ数を νn_4 とそれぞれしたとき、

$$(1) \quad 0.2 < |f_1/f_2| < 2.0$$

$$(2) \quad 0.4 < |f_5/f_4| < 4.0$$

$$(3) \quad 0.4 < f_2/f_4 < 5.5$$

$$(4) \quad 0.1 < \nu p_2/\nu n_2 < 0.95$$

$$(5) \quad 0.1 < \nu p_4/\nu n_4 < 0.95$$

の各条件を満足することを特徴とする投影光学系。但し、前記各アッペ数は、前記各レンズ成分の硝材の分散値であり、該分散値は波長 λ (単位: nm) に対する屈折率を $n(\lambda)$ としたとき、

$$\nu = \{n(436) - 1\} / \{n(400) - n(440)\}$$

と定義する。

【請求項2】 前記第3レンズ群又は前記第4レンズ群は、非球面形状を有する面を少なくとも1面以上有することを特徴とする請求項1記載の投影光学系。

【請求項3】 前記投影光学系の横倍率を β 、最大像高を Y 、前記第1物体面から前記第2物体面までの距離を L としたとき、

$$(6) \quad 0.5 \leq |\beta| \leq 3.0$$

$$(7) \quad 0.04 < Y/L < 0.8$$

の各条件を満足することを特徴とする請求項1乃至2の

いずれか一項記載の投影光学系。

【請求項4】 前記第4レンズ群は、最も前記第3レンズ群側に少なくとも1つの負レンズ成分を有し、前記第4レンズ群中の前記負レンズ成分の焦点距離を f_4N 、前記第1物体から前記第2物体までの距離を L としたとき、

$$(8) \quad -2.0 < f_4N/L < -0.01$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項5】 前記第4レンズ群は、前記負レンズ成分の前記第2物体側に隣接して少なくとも1つの正レンズ成分を有し、前記第4レンズ群中の前記負レンズ成分と前記正レンズ成分との合成焦点距離を $f_4(N+P)$ 、前記第1物体から前記第2物体までの距離を L とそれぞれしたとき、

$$(9) \quad -1.5 < f_4(N+P)/L < -0.05$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の投影光学系。

【請求項6】 前記第2レンズ群は、正レンズ成分と負レンズ成分との組合わせレンズ成分を少なくとも2組有し、前記第2レンズ群中の前記正レンズ成分のアッペ数を νp_2 、前記第2レンズ群中の前記負レンズ成分のアッペ数を νn_2 、前記第2レンズ群中の前記正レンズ成分の前記第2物体側の面の曲率半径を rp_{22} 、前記第2レンズ群中の前記負レンズ成分の前記第1物体側の面の曲率半径を rn_{21} としたとき、

$$(10) \quad 0.1 < \nu p_2/\nu n_2 < 0.95$$

$$(11) \quad (|rp_{22}| - |rn_{21}|) / (|rp_{22}| + |rn_{21}|) < 1.0$$

の各条件を満足することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項7】 前記第4レンズ群は、負レンズ成分と正レンズ成分との組合わせレンズ成分を少なくとも2組有し、

前記第4レンズ群中の前記正レンズ成分のアッペ数を νp_4 、前記第4レンズ群中の前記負レンズ成分のアッペ数を νn_4 、

前記第4レンズ群中の前記正レンズ成分の第1物体側の面の曲率半径を rp_{41} 、

前記第4レンズ群中の前記負レンズ成分の第2物体側の面の曲率半径を rn_{42} とそれぞれしたとき、

$$(12) \quad 0.1 < \nu p_4/\nu n_4 < 0.95$$

$$(13) \quad (|rp_{41}| - |rn_{42}|) / (|rp_{41}| + |rn_{42}|) < 1.0$$

の各条件を満足することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項8】 投影原版を投影光学系により基板上へ投影露光する投影露光装置において、前記投影光学系は請求項1乃至7のいずれか一項に記載したものであることを特徴とする投影露光装置。

【請求項9】 デバイスの回路パターンを投影光学系により基板上へ投影露光するデバイス製造方法において、前記投影光学系は、請求項1乃至7のいずれか一項に記載したものであることを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、第1物体のパターンを第2物体としての基板等に投影するための投影光学系及び当該光学系を用いた投影露光装置、特に、第1物体としてのレチクル（マスク）上に形成された半導体用または液晶用のパターンを第2物体としての基板（ウェハプレート等）上に投影露光するのに好適な投影光学系及び当該投影光学系を用いた投影露光装置並びにデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】集積回路のパターンの微細化が進むに従って、ウェハの焼き付けに用いられる投影光学系に対し要求される性能もますます厳しくなっている。このような状況の中で、投影光学系の解像力の向上については、露光波長 λ をより短くすること、又は投影光学系の開口数 NA を大きくすることが考えられる。

【0003】かかる投影露光装置では、 g 線（ $\lambda = 436\text{nm}$ ）線から i 線（ $\lambda = 365\text{nm}$ ）の露光光を供給する光源を用いて露光が行われている。投影光学系においては、解像力の向上と共に要求されるのは、像歪を少なくすることである。ここで、像歪とは、投影光学系に起因するディストーション（歪曲収差）によるもの、他、投影光学系の像側で焼き付けられるウェハの反り等によるものと、投影光学系の物体側で回路パターンなどが描かれているレチクルの反り等によるものがある。

【0004】近年、ますます転写パターンの微細化が進み、像歪の低減要求も一段と厳しくなっている。そこで、ウェハの反りによる像歪への影響を少なくする為には、投影光学系の像側での射出瞳位置を遠くに位置させる、いわゆる像側テレセントリック光学系が従来より用いられている。

【0005】一方、レチクルの反りによる像歪の軽減についても、投影光学系の入射瞳位置を物体面から遠くに位置させる、いわゆる物体側テレセントリック光学系にすることが考えられ、またそのように投影光学系の入射瞳位置を物体面から遠くに位置させる提案がなされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】近年、投影光学系にお

いては、解像力の向上もさることながら、広い露光領域が要求されてきている。そのため、特開平10-54936号公報で開示されたような投影光学系も提案されている。

【0007】しかし、このまま露光領域の広フィールド化が進められていくと、ますます投影光学系が長大化し、投影露光装置全体としての構成が困難になるばかりか、投影露光装置が大型化するので当該装置を使用するユーザーの工場フロア内等に設置することが困難になるおそれもある。

【0008】そこで、本発明は、非球面を用いることによって、両側テレセントリックでありながら、極めて広い露光領域にわたって諸収差を極めて良好に補正しうるコンパクトで高性能な投影光学系を提供することを一つの目的としている。

【0009】また、短波長の露光光を用いる投影露光装置では、紫外線吸収による蛍光放射やソラリゼーションを生じにくい紫外域での透過率が高い硝材の使用が要求される。このため、使用できる硝材の自由度（種類）が少なく、しかもこれらの硝材は、屈折率が低いため、収差補正を行うことが困難である。

【0010】この問題点を解決するために従来の露光装置では、光源からの光を波長選択フィルターを通過させて色収差を実質的に無視しうる程度の狭いスペクトル幅に限定し、色収差補正のための設計上の制約を軽減させ、他の諸収差を良好に補正している。しかしながら、露光光のスペクトル幅を狭めれば狭めるほどエネルギー損失が大きくなるので、露光時間の短縮化を図ることが困難である。

【0011】そこで、本発明は、極めて広い露光領域において、広いスペクトル幅について色消しされた投影光学系を提供することを別の目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明では、第1物体の像を第2物体上に投影する投影光学系において、前記第1物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正レンズ成分と負レンズ成分との組合わせレンズ成分を少なくとも1組持ち、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負レンズ成分と正レンズ成分との組合わせレンズ成分を少なくとも1組持ち、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する第5レンズ群とを有し、前記投影光学系は、非球面形状を有する面を少なくとも1面以上有することを特徴とする。

【0013】また、本発明では、以下の条件を満足することが望ましい。

$$(1) \quad 0.2 < |f_1/f_2| < 2.0$$

$$(2) \quad 0.4 < |f_5/f_4| < 4.0$$

$$(3) \quad 0.4 < f_2/f_4 < 5.5$$

$$(4) \quad 0.1 < \nu_{p2}/\nu_{n2} < 0.95$$

$$(5) \quad 0.1 < \nu p 4 / \nu n 4 < 0.95$$

ここで、 $f 1$ は前記第1レンズ群の焦点距離、 $f 2$ は前記第2レンズ群の焦点距離、 $f 3$ は前記第3レンズ群の焦点距離、 $f 4$ は前記第4レンズ群の焦点距離、 $f 5$ は前記第5レンズ群の焦点距離、 L は前記第1物体から前記第2物体までの距離、 $\nu p 2$ は前記第2レンズ群中の少なくとも1つの前記正レンズ成分のアッペ数、 $\nu n 2$ は前記第2レンズ群中の少なくとも1つの前記負レンズ成分のアッペ数、 $\nu p 4$ は前記第4レンズ群中の少なくとも1つの前記正レンズ成分のアッペ数、 $\nu n 4$ は前記第4レンズ群中の少なくとも1つの前記負レンズ成分のアッペ数をそれぞれ表している。

【0014】また、前記各アッペ数は、前記各レンズ成分の硝材の分散値であり、該分散値は波長 λ (単位: nm) に対する屈折率を $n(\lambda)$ としたとき、

$$\nu = \{n(436) - 1\} / \{n(400) - n(440)\}$$

と定義する。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明にかかる投影光学系の基本的構成を添付図面に示した符号に基づいて説明する。本発明は、第1物体(マスクM)の像を第2物体(パターンP)上に投影する投影光学系であり、前記第1物体(マスクM)側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正レンズ成分L21と負レンズ成分L22との組合わせレンズ成分を少なくとも1組持ち、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負レンズL43と正レンズ成分L44との組合わせレンズ成分を少なくとも1組持ち、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と有し、前記投影光学系は、非球面形状を有する面を少なくとも1面以上有している。

【0016】また、本発明では、以下の条件式(1)、

$$(1) \quad 0.2 < |f 1 / f 2| < 2.0$$

を満足することが望ましい。ここで、 $f 1$ は第1レンズ群G1の焦点距離、 $f 2$ は第2レンズ群G2の焦点距離をそれぞれ表している。

【0017】条件式(1)は、正屈折力の第1レンズ群G1の焦点距離と負屈折力の第2レンズ群G2の焦点距離との最適な比率を規定している。条件式(1)は、主にディストーションをバランス良く補正し、かつベッツパール和を良好に補正するための条件である。条件式

(1)の下限値を下回る場合には、正のディストーションが大きく発生し、また、ベッツパール和が正の値に大きくなるので像面湾曲補正が困難になるため好ましくない。逆に、条件式(1)の上限値を上回る場合には、負のディストーションが大きく発生し、また、ベッツパール和が負の値に大きくなるので像面湾曲補正が困難になる。また、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。

【0018】また、本発明では以下の条件式(2)、

$$(2) \quad 0.4 < |f 5 / f 4| < 4.0$$

を満足することが望ましい。ここで、 $f 4$ は第4レンズ群G4の焦点距離、 $f 5$ は第5レンズ群G5の焦点距離をそれぞれ表している。

【0019】条件式(2)は、正屈折力の第5レンズ群G5の焦点距離と負屈折力の第4レンズ群G4の焦点距離との最適な比率を規定しており、主としてディストーションをバランス良く補正し、かつベッツパール和を良好に補正するための条件である。条件式(2)の下限値を下回る場合には、負のディストーションが大きく発生し、また、ベッツパール和が正の値に大きくなるので像面湾曲補正が困難になるため好ましくない。逆に、条件式(2)の上限値を上回る場合には、正のディストーションが大きく発生し、また、ベッツパール和が負の値に大きくなるので像面湾曲補正が困難になり、さらには、投影光学系の全長が長くなるため好ましくない。

【0020】また、本発明では、以下の条件式(3)、

$$(3) \quad 0.4 < f 2 / f 4 < 5.5$$

を満足することが望ましい。

【0021】条件式(3)は、負屈折力の第2レンズ群G2の焦点距離と負屈折力の第4レンズ群G4の焦点距離との最適な比率を規定しており、主にベッツパール和を小さく、好ましくは0に近くして、広い露光領域を確保しつつ、像面湾曲を良好に補正するための条件である。条件式(3)の下限値を下回ると、第4レンズ群G4の屈折力が第2レンズ群G2の屈折力に対して相対的に弱くなるため、ベッツパール和が正の値に大きくなる。逆に、条件式(3)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の屈折力が第4レンズ群G4の屈折力に対して相対的に弱くなるため、ベッツパール和が正の値に大きくなり、いずれも好ましくない。

【0022】また、本発明は、以下の条件式(4)又は(5)、

$$(4) \quad 0.1 < \nu p 2 / \nu n 2 < 0.95$$

$$(5) \quad 0.1 < \nu p 4 / \nu n 4 < 0.95$$

の各条件を満足することが望ましい。ここで、 $\nu p 2$ は前記第2レンズ群G2の少なくとも一つの正レンズ成分のアッペ数、 $\nu n 2$ は前記第2レンズ群G2の少なくとも一つの負レンズ成分のアッペ数、 $\nu p 4$ は前記第4レンズ群G4の少なくとも一つの正レンズ成分のアッペ数、 $\nu n 4$ は前記第4レンズ群G4の少なくとも一つの負レンズ成分のアッペ数をそれぞれ表している。そして、前記各アッペ数は、前記の各レンズ硝材の分散値であり、波長 λ (単位: nm) に対する屈折率を $n(\lambda)$ としたとき、次式、

$$\nu = \{n(436) - 1\} / \{n(400) - n(440)\}$$

と定義する。

【0023】条件式(4)又は(5)は、主に広い露光

領域内において、像面湾曲の色収差および倍率の色収差を良好に補正するための条件である。条件式(4)又は(5)を満たすレンズ群がない場合には、色収差を良好に補正することが極めて困難になる。

【0024】また、本発明では、第3レンズ群G3又は第4レンズ群G4は、非球面形状を有する面を少なくとも1面以上有していることが望ましい。

【0025】また、本発明は、以下の条件式(6)、(7)、

$$(6) \quad 0.5 \leq |\beta| \leq 3.0$$

$$(7) \quad 0.04 < Y/L < 0.8$$

の各条件を満足することが望ましい。ここで、 β は投影光学系の横倍率、Yは最大像高、Lは第1物体(マスクM)面から第2物体(パターンP)面までの距離をそれぞれ表している。

【0026】条件式(6)は、投影光学系の適切な横倍率の範囲を規定している。また、条件式(7)は、投影光学系の横倍率が条件式(6)の範囲内にある場合において、良好な収差バランスを保ちつつ、物理的に製造可能であり、かつ製造コストの面から優位性のある投影光学系の条件を規定している。

【0027】条件式(7)の上限值を上回ると、良好な収差を保つことが要求される露光領域全体において、全体の良好な収差バランスを維持できない。逆に、条件式(7)の下限値を下回ると、投影光学系が長大化してしまい、現実的な使用に不向きとなる。さらに好ましくは、投影光学系内に非球面を用いたことによる効果を充分活かして、よりコンパクトな投影光学系を実現するために、条件式(7)の下限値は0.07とすることが望ましい。

【0028】また、本発明では、以下の条件式(8)、(8) $-2.0 < f4N/L < -0.01$

の条件を満足することが望ましい。ここで、 $f4N$ は第4レンズ群G4中の最も前記第3レンズ群側に少なくとも1つの負レンズ成分の焦点距離、Lは前記第1物体面から前記第2物体面までの距離をそれぞれ表している。

【0029】条件式(8)は、コンパクトな光学系において、広い露光領域を得るための条件である。

【0030】また、本発明では、前記第4レンズ群G4は、前記負レンズ成分の前記第2物体側に隣接して少なくとも1つの正レンズ成分を有し、以下の条件式

(9)、

$$(9) \quad -1.5 < f4(N+P)/L < -0.05$$

を満足することが望ましい。ここで、 $f4(N+P)$ は前記正レンズ成分と負レンズ成分との合成焦点距離、Lは第1物体(マスクM)面から第2物体(パターンP)面までの距離をそれぞれ表している。

【0031】条件式(9)を満たすことにより、さらにコンパクトな光学系において、より広い露光領域を実現

することができる。かかる条件は、非球面を用いない球面系のみの光学系においても適用できるものである。

【0032】まず、球面光学系で適用した場合を考える。露光領域の拡大化により、第3レンズ群G3においても高次の収差が発生するが、条件式(8)を満足する負レンズ成分を配置することにより、当該高次収差を相殺することができる。このため、広い露光領域において収差を良好に補正することができる。さらに好ましくは条件式(9)を満足すると、上記効果をより強調して得ることができる。

【0033】次に、非球面レンズを条件式(8)を満足する負レンズ成分に適用した場合を考える。この場合は、球面系の場合とは反対に、周辺部分でパワーが弱くなる形状の非球面とすることにより、第3レンズ群G3の高次収差の発生自体を抑えることができる。このため、広い露光領域において、収差を良好に補正することができる。さらに好ましくは条件式(9)を満足することで、上記効果をより強調して得ることができる。

【0034】また、本発明は、第2レンズ群G2は、正レンズ成分と負レンズ成分との組み合わせレンズを少なくとも2組有し、以下の条件式(10)、(11)、

$$(10) \quad 0.1 < \nu p2/\nu n2 < 0.95$$

$$(11) \quad (|rp22| - |rn21|) / (|rp22| + |rn21|) < 1.0$$

を満足することが望ましい。条件式(10)、(11)を満足することで、色に関する像面湾曲をより効果的に補正できる。

【0035】ここで、 $\nu p2$ は前記正レンズ成分のアッベ数、 $\nu n2$ は前記負レンズ成分のアッベ数、 $rp22$ は前記正レンズ成分の第2物体側面の曲率半径、 $rn21$ は前記負レンズ成分の第1物体側面の曲率半径をそれぞれ表している。

【0036】また、本発明は、第4レンズ群G4は、負レンズ成分と正レンズ成分との組み合わせレンズ成分を少なくとも2組有し、以下の条件式(12)、(13)、

$$(12) \quad 0.1 < \nu p4/\nu n4 < 0.95$$

$$(13) \quad (|rp41| - |rn42|) / (|rp41| + |rn42|) < 1.0$$

の各条件を満足することが望ましい。ここで、 $\nu p4$ は前記正レンズ成分のアッベ数、 $\nu n4$ は前記負レンズ成分のアッベ数、 $rp41$ は前記正レンズ成分の第1物体側の面の曲率半径、 $rn42$ は前記負レンズ成分の第2物体側の面の曲率半径をそれぞれ表している。

【0037】条件式(12)、(13)を満足することにより、色の像面湾曲をより効果的に補正できる。

【0038】さらに好ましくは、前記第1レンズ群G1は、前記第1物体(マスクM)側から順に、前記第2物体(パターンP)側に凹面を向けた負レンズ成分と、前記負レンズ成分に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凸面を向けた正レンズ成分とからなる負正組

合わせレンズ成分を有し、以下の条件式(14)、(15)、

$$(14) \quad 0.1 < \nu n / \nu p < 0.95$$

$$(15) \quad (|rp11| - |rn12|) / (|rp11| + |rn12|) < 1.0$$

の各条件を満足することが望ましい。条件式(14)、(15)を満足することにより倍率色収差をより効果的に補正できる。ここで、 νp は前記正レンズ成分のアッペ数、 νn は前記負レンズ成分のアッペ数、 $rp11$ は前記正レンズ成分の第1物体(マスクM)側の面の曲率半径、 $rn12$ は前記負レンズ成分の第2物体(パターンP)側の面の曲率半径をそれぞれ表している。

【0039】また、さらに好ましくは、前記第5レンズ群G5は、前記第1物体(マスクM)側から順に、前記第2物体(パターンP)側に凸面を向けた正レンズ成分と、前記正レンズ成分に隣接して配置され前記第1物体側に凹面を向けた負レンズ成分とからなる正負組合せレンズ成分を有し、以下の条件式(16)、(17)、

$$(16) \quad 0.1 < \nu n5 / \nu p5 < 0.95$$

$$(17) \quad (|rp62| - |rn61|) / (|rp62| + |rn61|) < 1.0$$

の各条件を満足することが望ましい。条件式(16)、

(17)を満足することにより、倍率色収差をより効果的に補正できる。ここで、 $\nu p5$ は前記正レンズ成分のアッペ数、 $\nu n5$ は前記負レンズ成分のアッペ数、 $rp62$ は前記正レンズ成分の第2物体側の面の曲率半径、 $rn61$ は前記負レンズ成分の第1物体側の面の曲率半径をそれぞれ表している。

【0040】また、本発明では、投影原版を投影光学系により基板上へ投影露光する投影露光装置であって、投影光学系は請求項1乃至7のいずれか一項に記載したものであることを特徴とする。

【0041】また、本発明では、デバイスの回路パターンを投影光学系により基板上へ投影露光するデバイス製造方法であって、投影光学系は、請求項1乃至7のいずれか一項に記載したものであることを特徴とする。

【0042】次に、本発明の実施の形態にかかる投影光学系を投影露光装置に適用した例を示す。図1は本発明の実施の形態にかかる投影光学系を一括露光型投影露光装置に適用した例を示す斜視図である。また、図2は本発明の実施の形態にかかる投影光学系を走査型露光装置に適用した例を示す斜視図である。

【0043】図1又は図2に示す投影露光装置は、ともに集積回路素子や液晶パネルなどのデバイスの回路パターンを形成する際の露光工程に用いられるものである。まず、図1の例では、投影光学系PLの物体面には、所定の回路パターンが描かれた投影原版としてのマスクM(第1物体)が配置されており、投影光学系PLの像面には基板としてのプレートP(第2物体)が配置されている。ここで、マスクMはマスクステージMSに保持さ

れており、図中XY方向に可動なプレートPはプレートステージPSに保持されている。また、マスクMの上方(Z方向側)には、紫外域の露光光によってマスクMの照明領域IAを均一に照明するための照明光学装置ILが配置されている。この実施の形態において、照明光学装置ILは、g線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)線からh線($\lambda = 404.7 \text{ nm}$)までの紫外域の光を供給するものである。

【0044】以上の構成により、照明光学装置ILから供給される紫外域の露光光は、マスクM上の照明領域IAを均一に照明し、マスクMからの露光光は、投影光学系PLの開口絞りASの位置に光源像を形成する。すなわち、マスクMは照明光学装置ILによってケーラー照明される。そして、プレートP上の露光領域EAには、マスクMの照明IA内の像が形成され、これにより、プレートPにはマスクMの回路パターンが転写される。

【0045】次に、図2の例では、マスクMを保持するマスクステージMSと、プレートPを保持するプレートステージPSとが、露光中において互いに逆方向へ走査する点が図1の例とは異なっている。これにより、プレートPには、マスクMの像が走査露光される。以上の図1及び図2の実施の形態では、投影光学系PLは、第1物体(マスクM)側及び第2物体側(プレートP側)において、実質的にテレセントリックとなっており、拡大倍率を有するものである。

【0046】

【実施例】以下、添付図面に基いて本発明にかかる投影光学系の数値実施例を説明する。各実施例とも、像側のNAが0.1、投影倍率が1/0.6、像側での露光領域の半径が117.6mmであり、g線からh線までの波長域を考慮して色収差を補正している。

(第1実施例)図3は、本発明の第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例の投影光学系は、第1物体(マスクM)側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、負屈折力の第4レンズ群G4と、正屈折力の第5レンズ群G5とから構成される。

【0047】ここで、第1レンズ群G1は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凹面を向けた負レンズ成分L12と、前記負レンズ成分L12に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凸面を向けた正レンズ成分L13とからなる正負組合せレンズ成分を有する。第2レンズ群G2は、正レンズ成分L21と負レンズ成分L22とからなる正負組合せレンズ成分と、正レンズ成分L23と負レンズ成分L24とからなる正負組合せレンズ成分とを有する。第4レンズ群G4は、最も第3レンズ群G3側に少なくとも一つの負レンズ成分L41と、該負レンズ成分に隣接した第2物体(パターンP)側に正レンズ成分L42と

を有し、負レンズ成分L43と正レンズ成分L44とからなる負正組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L45と正レンズ成分L46とからなる負正組合わせレンズ成分とを有する。第5レンズ群G5は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凸面を向けた正レンズ成分L57と、前記正レンズ成分L57に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凹面を向けた負レンズ成分L58とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。

【0048】以下の表1に本実施形態にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。表において、面番号は第1物体(マスクM)側から数えたレンズ面の順番、 r はレンズ面の曲率半径(ただし、STOは絞り面を示す)、 d はレンズ面の空気間隔、 $n(g)$ は g 線($\lambda=435.835\text{nm}$)に対する屈折率、 ν は分散をそれぞれ表している。 d_0 は第1物体(マスクM)から第1レンズ群G1の第1レンズ面までの距離、 β は投影光学系の投影倍率、NAは投影光学系の第2物体側での開口数、WDは第5レンズG5の最終面から第2物体(プレートP)面までの距離、 ΦEX は第2物体(プレートP)面における露光領域の半径をそれぞれ表している。

【0049】また、非球面は次式、 $Z=cy^2/(1+(1-(1+k)c^2y^2)^{1/2})+Ay^4+By^6+Cy^8+Dy^{10}$ で表される。ここで、 y は光軸からの高さ、 Z はサグ量、 c は曲率、 k は円錐定数、 A 、 B 、 C 、 D は非球面係数を表している。なお、以下全ての実施例の諸元値、非球面式において第1実施例と同様の符号を用いる。

【0050】

【表1】 $d_0=71.280029$

$\beta=-1/0.6$

NA=0.1

WD=82.824696

$\Phi EX=117.6$

面番号	r	d	$n(g)$	ν
1)	-4010.24588	20.000000	1.45814	164.86
2)	-415.68323	1.500000	1.00000	
3)	2251.29134	18.022063	1.59417	68.74
4)	591.58755	5.155707	1.00000	
5)	1242.80518	22.616519	1.45814	164.86
6)	-771.15182	1.500000	1.00000	
7)	938.61649	22.020243	1.60353	106.44
8)	-969.98447	1.500000	1.00000	
9)	401.07382	23.200000	1.60353	106.44
10)	-1395.27409	1.500000	1.00000	
11)	363.16828	20.000000	1.60353	106.44
12)	1165.13791	1.500000	1.00000	
13)	236.00907	17.500000	1.60353	106.44
14)	105.19538	29.332837	1.00000	
15)	-1868.01561	22.385413	1.59417	68.74
16)	-445.49596	2.693356	1.00000	

17)	-718.54134	15.000000	1.45814	164.86
18)	355.20158	13.374065	1.00000	
19)	-910.86681	25.016732	1.59417	68.74
20)	-190.57700	3.400801	1.00000	
21)	-211.77189	15.000000	1.45814	164.86
22)	333.37137	27.793796	1.00000	
23)	-114.51515	16.000000	1.60353	106.44
24)	-220.68730	32.421482	1.00000	
25)	-639.12878	18.000000	1.59417	68.74
26)	545.43665	1.500000	1.00000	
27)	507.92592	30.000000	1.45814	164.86
28)	-503.08235	1.803457	1.00000	
29)	3023.63682	22.000000	1.45814	164.86
30)	-587.31910	1.502071	1.00000	
31)	1078.79605	27.000000	1.45814	164.86
32)	-357.17626	0.000000	1.00000	
33)	0.00000	1.500000	1.00000	
34)	3824.13157	26.146269	1.45814	164.86
35)	-252.38006	2.031981	1.00000	
36)	-244.75740	19.000000	1.59417	68.74
37)	-383.22858	4.807088	1.00000	
38)	0.0(STO)	1.627090	1.00000	
39)	315.25973	19.000000	1.59417	68.74
40)	203.81669	5.588627	1.00000	
41)	230.38926	27.450145	1.45814	164.86
42)	1620.60458	1.500000	1.00000	
43)	347.65410	29.000000	1.45814	164.86
44)	-925.96379	1.500000	1.00000	
45)	234.25979	27.000000	1.45814	164.86
46)	700.00000	2.629830	1.00000	
47)	183.97635	26.000000	1.45814	164.86
48)	318.26464	3.309424	1.00000	
49)	183.69640	18.000000	1.59417	68.74
50)	110.43650	28.859677	1.00000	
51)	-348.43853	16.000000	1.46674	124.00
52)	194.29748	22.378220	1.00000	
53)	296.56457	23.000000	1.60353	106.44
54)	1135.79206	24.531418	1.00000	
55)	-183.35250	16.000000	1.45814	164.86
56)	-3004.70974	1.595480	1.00000	
57)	1020.26792	24.707572	1.59417	68.74
58)	-879.55136	13.894156	1.00000	
59)	-179.85670	17.000000	1.45814	164.86
60)	10672.87842	1.500000	1.00000	
61)	1364.92001	25.000000	1.59417	68.74
62)	-444.55364	18.887856	1.00000	
63)	-167.84348	20.000000	1.49597	127.66
64)	-375.88082	24.213925	1.00000	
65)	-119.31287	20.269697	1.60353	106.44
66)	-237.25252	1.517561	1.00000	

67)	-733.25110	27.584947	1.60353	106.44
68)	-373.78332	1.565486	1.00000	
69)	-918.81502	26.296689	1.60353	106.44
70)	-383.78611	1.725053	1.00000	
71)	-865.21636	27.014946	1.60353	106.44
72)	-566.72380	1.790324	1.00000	
73)	2722.77759	27.000030	1.60353	106.44
74)	-744.86680	2.335884	1.00000	
75)	1796.68210	34.000268	1.45814	164.86
76)	-631.90173	9.634765	1.00000	
77)	-426.48331	25.015068	1.59417	68.74
78)	-536.21994	4.247237	1.00000	
79)	1451.28424	28.000000	1.60353	106.44
80)	0.00000	82.824696	1.00000	

(非球面係数)

第51面は非球面であり、非球面係数を以下に示す。

$$k = -1.314260$$

$$A = 0.863064 \times 10^{-9}$$

$$B = 0.200391 \times 10^{-11}$$

$$C = 0.167288 \times 10^{-16}$$

$$D = 0.626884 \times 10^{-20}$$

(条件式対応値)

$$(1) |f1/f2| = 0.625$$

$$(2) |f5/f4| = 2.324$$

$$(3) f2/f4 = 2.066$$

$$(4) \nu p2/\nu n2 = 0.417$$

$$(5) \nu p4/\nu n4 = 0.417$$

$$(6) \beta = -1/0.6$$

$$(7) Y/L = 0.087$$

$$(8) f4N/L = -0.196$$

$$(9) f4(N+P)/L = -0.347$$

$$(10) \nu p2/\nu n2 = 0.417$$

$$(11) (|rp22|-|rn21|)/(|rp22|+|rn21|) = -0.235, -0.053$$

$$(12) \nu p4/\nu n4 = 0.417$$

$$(13) (|rp41|-|rn42|)/(|rp41|+|rn42|) = -0.493, -0.773$$

$$(14) \nu n1/\nu p1 = 0.417$$

$$(15) (|rp11|-|rn12|)/(|rp11|+|rn12|) = 0.355$$

$$(16) \nu n5/\nu p5 = 0.417$$

$$(17) (|rp62|-|rn61|)/(|rp62|+|rn61|) = 0.194$$

【0051】図4は本実施例の投影光学系の諸収差を示す図である。収差図において、NAは投影光学系の開口数、Yは像高をそれぞれ示している。また、コマ収差図において実線はg線($\lambda=435.84\text{nm}$)、点線はh線

($\lambda=404.7\text{nm}$)を示している。なお、以下全ての実施例の諸収差図において本実施例と同様の符号を用いる。各収差図から明らかなように、広い露光領域において諸収差が極めて良好に補正されていることが分かる。

【0052】(第2実施例)図5は、本発明の第2実施

例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例の投影光学系は、第1物体(マスクM)側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、負屈折力の第4レンズ群G4と、正屈折力の第5レンズ群G5とから構成される。

【0053】ここで、第1レンズ群G1は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凹面を向けた負レンズ成分L12と、前記負レンズ成分L12に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凸面を向けた正レンズ成分L13とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。第2レンズ群G2は、正レンズ成分L21と負レンズ成分L22とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L23と負レンズ成分L24とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L25と負レンズ成分L26とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第4レンズ群G4は、最も第3レンズ群G3側に少なくとも一つの負レンズ成分L41と、該負レンズ成分に隣接した第2物体(パターンP)側に正レンズ成分L42とを有し、負レンズ成分L43と正レンズ成分L44とからなる正負組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L45と正レンズ成分L46とからなる正負組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L47と正レンズ成分L48とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第5レンズ群G5は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凸面を向けた正レンズ成分L54と、前記正レンズ成分L54に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凹面を向けた負レンズ成分L55とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。

【0054】以下の表2に本実施例にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。

【0055】

【表2】 $d0=70.778255$

$$\beta = -1/0.6$$

$$NA = 0.1$$

$$WD = 85.892333$$

$$\Phi EX = 117.6$$

面番号	r	d	n(g)	ν
1)	-5876.75706	20.000000	1.45814	164.86
2)	-356.24443	1.500000	1.00000	
3)	1285.67079	18.000000	1.59417	68.74
4)	347.88586	11.093335	1.00000	
5)	491.05555	22.500000	1.45814	164.86
6)	-1630.27023	1.500000	1.00000	
7)	500.21184	22.000000	1.60353	106.44
8)	-887.93043	1.500000	1.00000	
9)	471.54305	23.200000	1.60353	106.44
10)	-978.49591	1.500000	1.00000	
11)	364.13147	21.235339	1.59417	68.74

12)	412.77812	1.500000	1.00000	
13)	240.49909	17.500000	1.60353	106.44
14)	105.07919	28.683584	1.00000	
15)	-1571.46747	24.876500	1.59417	68.74
16)	-300.14306	1.724299	1.00000	
17)	-302.92114	15.000000	1.45814	164.86
18)	465.07651	12.595445	1.00000	
19)	6377.85493	25.000000	1.59417	68.74
20)	-174.54274	1.500000	1.00000	
21)	-191.19649	15.000000	1.49597	127.66
22)	299.17044	29.279905	1.00000	
23)	-111.78484	16.000000	1.60353	106.44
24)	-220.36637	33.747951	1.00000	
25)	-900.43404	18.000000	1.59417	68.74
26)	562.20035	1.500000	1.00000	
27)	538.11569	30.000000	1.45814	164.86
28)	-464.33073	1.572083	1.00000	
29)	-44242.23515	22.000000	1.45814	164.86
30)	-492.06824	1.500000	1.00000	
31)	1641.02002	27.000000	1.45814	164.86
32)	-408.39673	0.000000	1.00000	
33)	0.00000	1.500000	1.00000	
34)	2119.81567	29.422638	1.45814	164.86
35)	-236.64693	1.620272	1.00000	
36)	-235.26251	19.000000	1.59417	68.74
37)	-334.86773	2.412982	1.00000	
38)	0.0(ST0)	2.220296	1.00000	
39)	340.00023	19.000000	1.59417	68.74
40)	203.15674	4.132043	1.00000	
41)	220.44549	29.703664	1.45814	164.86
42)	2365.13346	1.500000	1.00000	
43)	304.69229	29.004987	1.45814	164.86
44)	-1696.99672	1.500000	1.00000	
45)	246.85362	27.000000	1.45814	164.86
46)	700.00000	3.461420	1.00000	
47)	186.34340	26.000000	1.45814	164.86
48)	291.55223	3.415513	1.00000	
49)	189.35428	18.000000	1.59417	68.74
50)	108.17339	28.541064	1.00000	
51)	-290.93688	16.000000	1.46674	124.00
52)	247.89316	42.540272	1.00000	
53)	357.36723	23.000000	1.60353	106.44
54)	1839.43947	27.756358	1.00000	
55)	-155.23327	16.000000	1.49597	127.66
56)	2518.83777	1.500000	1.00000	
57)	1025.83668	24.902165	1.59417	68.74
58)	-584.73072	25.710500	1.00000	
59)	-145.73456	16.000000	1.45814	164.86
60)	-1020.06712	1.500000	1.00000	
61)	-2758.30852	27.000000	1.59417	68.74

62)	-432.66573	21.244053	1.00000	
63)	-138.04066	20.000000	1.60353	106.44
64)	-301.40002	1.500000	1.00000	
65)	-783.03500	27.000000	1.59417	68.74
66)	-449.41110	1.500000	1.00000	
67)	-911.22262	26.000000	1.59417	68.74
68)	-468.34556	1.500000	1.00000	
69)	-1178.58456	27.914169	1.59417	68.74
70)	-618.43139	1.500000	1.00000	
71)	4922.99509	28.000000	1.60353	106.44
72)	-649.76417	1.500000	1.00000	
73)	1652.38895	34.000000	1.45814	164.86
74)	-565.12497	9.744089	1.00000	
75)	-396.89427	25.000000	1.59417	68.74
76)	-487.52137	1.574485	1.00000	
77)	1275.40072	28.000000	1.60353	106.44
78)	0.00000	85.892333	1.00000	

(非球面係数)

第51面は非球面であり、非球面係数を以下に示す。

$$k = -1.670748$$

$$A = 0.334932 \times 10^{-8}$$

$$B = 0.182646 \times 10^{-11}$$

$$C = -0.793826 \times 10^{-17}$$

$$D = 0.746156 \times 10^{-20}$$

(条件式対応値)

$$(1) |f1/f2| = 1.001$$

$$(2) |f5/f4| = 2.626$$

$$(3) f2/f4 = 1.825$$

$$(4) \nu p2/\nu n2 = 0.645, 0.417, 0.$$

$$538$$

$$(5) \nu p4/\nu n4 = 0.538, 0.417, 0.$$

$$645$$

$$(6) \beta = -1/0.6$$

$$(7) Y/L = 0.087$$

$$(8) f4N/L = -0.210$$

$$(9) f4(N+P)/L = -0.382$$

$$(10) \nu p2/\nu n2 = 0.645, 0.417, 0.$$

$$538$$

$$(11) (|rp22|-|rn21|)/(|rp22|+|rn21|) = 0.26$$

$$4, -0.005, -0.046$$

$$(12) \nu p4/\nu n4 = 0.538, 0.417, 0.$$

$$645$$

$$(13) (|rp41|-|rn42|)/(|rp41|+|rn42|) = -0.42$$

$$1, 0.460, 0.444$$

$$(14) \nu n1/\nu p1 = 0.417$$

$$(15) (|rp11|-|rn12|)/(|rp11|+|rn12|) = 0.171$$

$$(16) \nu n5/\nu p5 = 0.417$$

$$(17) (|rp62|-|rn61|)/(|rp62|+|rn61|) = 0.175$$

【0056】図6は本実施例の投影光学系の諸収差を示す図である。各収差図から明らかなように、広い露光領

域において諸収差が極めて良好に補正されていることが分かる。

【0057】(第3実施例)図7は、本発明の第3実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例の投影光学系は、第1物体(マスクM)側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、負屈折力の第4レンズ群G4と、正屈折力の第5レンズ群G5とから構成される。

【0058】ここで、第1レンズ群G1は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凹面を向けた負レンズ成分L12と、前記負レンズ成分L12に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凸面を向けた正レンズ成分L13とからなる負正組合わせレンズ成分を有する。第2レンズ群G2は、正レンズ成分L21と負レンズ成分L22とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L23と負レンズ成分L24とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第4レンズ群G4は、最も第3レンズ群G3側に少なくとも一つの負レンズ成分L41と、該負レンズ成分に隣接した第2物体(パターンP)側に正レンズ成分L42とを有し、負レンズ成分L43と正レンズ成分L44とからなる負正組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L45と正レンズ成分L46とからなる負正組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L47と正レンズ成分L48とからなる負正組合わせレンズ成分とを有する。第5レンズ群G5は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凸面を向けた正レンズ成分L54と、前記正レンズ成分L54に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凹面を向けた負レンズ成分L55とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。

【0059】以下の表3に本実施例にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。

【0060】

【表3】 $d_0 = 70.281807$

$\beta = -1/0.6$

$NA = 0.1$

$WD = 85.471505$

$\Phi EX = 117.6$

面番号	r	d	n(g)	ν
1)	-41537.06890	20.000000	1.45814	164.86
2)	-365.09217	1.500000	1.00000	
3)	1164.32419	18.000000	1.59417	68.74
4)	361.65468	8.123946	1.00000	
5)	1047.00233	22.500000	1.45814	164.86
6)	-723.69086	1.500000	1.00000	
7)	591.06852	22.000000	1.60353	106.44
8)	-1985.49335	1.500000	1.00000	
9)	361.48433	23.200000	1.60353	106.44
10)	-868.95858	1.500000	1.00000	

11)	372.86293	20.000000	1.60353	106.44
12)	738.72667	1.500000	1.00000	
13)	265.57204	17.500000	1.60353	106.44
14)	104.50371	28.907421	1.00000	
15)	-1324.62456	24.274658	1.59417	68.86
16)	-348.15695	2.396312	1.00000	
17)	-352.77149	15.000000	1.45814	164.86
18)	395.67465	12.476109	1.00000	
19)	-2490.47397	25.000000	1.59417	68.86
20)	-188.70025	2.010310	1.00000	
21)	-215.13135	15.000000	1.45814	164.86
22)	306.07821	28.728798	1.00000	
23)	-114.57859	16.000000	1.60353	106.44
24)	-222.35552	33.219051	1.00000	
25)	-930.80462	18.000000	1.59417	68.74
26)	503.08854	1.500000	1.00000	
27)	485.19248	30.000000	1.45814	164.86
28)	-525.73640	1.500000	1.00000	
29)	5391.80452	22.000000	1.45814	164.86
30)	-540.97562	1.500000	1.00000	
31)	1298.90044	27.000000	1.45814	164.86
32)	-422.78132	0.000000	1.00000	
33)	0.00000	1.500000	1.00000	
34)	1554.27131	28.661453	1.45814	164.86
35)	-251.58427	1.788768	1.00000	
36)	-247.44430	19.000000	1.59417	68.74
37)	-349.83935	3.192387	1.00000	
38)	0.0(ST0)	2.981590	1.00000	
39)	353.88726	19.000000	1.59417	68.74
40)	205.51817	5.303746	1.00000	
41)	225.96699	29.538719	1.45814	164.86
42)	3338.38053	1.500000	1.00000	
43)	323.78845	29.069120	1.45814	164.86
44)	-1212.19849	1.500000	1.00000	
45)	247.83041	27.000000	1.45814	164.86
46)	700.00000	3.061593	1.00000	
47)	182.81527	26.000000	1.45814	164.86
48)	300.83634	3.269873	1.00000	
49)	183.28702	18.000000	1.59417	68.74
50)	108.06149	28.913921	1.00000	
51)	-290.57150	16.000000	1.46674	124.00
52)	234.92471	41.901516	1.00000	
53)	346.80734	23.000000	1.60353	106.44
54)	1440.37358	27.452833	1.00000	
55)	-162.39441	16.000000	1.49597	127.66
56)	4641.63937	1.500000	1.00000	
57)	1141.38148	24.492200	1.59417	68.74
58)	-786.07607	26.046812	1.00000	
59)	-142.28779	16.000000	1.45814	164.86
60)	-1298.32411	1.500000	1.00000	

61)	-3117.27428	27.000000	1.59417	68.74
62)	-389.80064	21.535280	1.00000	
63)	-135.72991	20.000000	1.60353	106.44
64)	-276.99403	1.500000	1.00000	
65)	-810.45901	27.000000	1.59417	68.74
66)	-418.58658	1.500000	1.00000	
67)	-874.18958	26.000000	1.59417	68.74
68)	-532.07303	1.500000	1.00000	
69)	-1791.20298	27.000000	1.60353	106.44
70)	-552.13375	1.500000	1.00000	
71)	46724.57835	28.000000	1.60353	106.44
72)	-742.02620	1.500000	1.00000	
73)	1183.83608	34.000000	1.45814	164.86
74)	-736.17611	15.200269	1.00000	
75)	-382.98498	25.000000	1.59417	68.74
76)	-441.35918	1.500000	1.00000	
77)	1313.46747	28.000000	1.60353	106.44
78)	0.00000	81.471505	1.00000	

(非球面係数)

第51面は非球面であり、非球面係数を以下に示す。

$$k = -1.458102$$

$$A = 0.230263 \times 10^{-8}$$

$$B = 0.185031 \times 10^{-11}$$

$$C = -0.813867 \times 10^{-17}$$

$$D = 0.642140 \times 10^{-20}$$

(条件式対応値)

$$(1) |f1/f2| = 0.626$$

$$(2) |f5/f4| = 2.665$$

$$(3) f2/f4 = 4.363$$

$$(4) \nu p2/\nu n2 = 0.417$$

$$(5) \nu p4/\nu n4 = 0.538, 0.417, 0.645$$

$$(6) \beta = -1/0.6$$

$$(7) Y/L = 0.087$$

$$(8) f4N/L = -0.204$$

$$(9) f4(N+P)/L = -0.354$$

$$(10) \nu p2/\nu n2 = 0.417$$

$$(11) (|rp22|-|rn21|)/(|rp22|+|rn21|) = -0.007, -0.065$$

$$(12) \nu p4/\nu n4 = 0.538, 0.417, 0.645$$

$$(13) (|rp41|-|rn42|)/(|rp41|+|rn42|) = -0.605, 0.412, 0.491$$

$$(14) \nu n1/\nu p1 = 0.417$$

$$(15) (|rp11|-|rn12|)/(|rp11|+|rn12|) = 0.487$$

$$(16) \nu n5/\nu p5 = 0.417$$

$$(17) (|rp62|-|rn61|)/(|rp62|+|rn61|) = 0.316$$

【0061】図8は本実施例の投影光学系の諸収差を示す図である。各収差図から明らかなように、広い露光領域において諸収差が極めて良好に補正されていることが

分かる。

【0062】(第4実施例)図9は、本発明の第4実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例の投影光学系は、第1物体(マスクM)側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、負屈折力の第4レンズ群G4と、正屈折力の第5レンズ群G5とから構成される。

【0063】ここで、第1レンズ群G1は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凹面を向けた負レンズ成分L12と、前記負レンズ成分L12に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凸面を向けた正レンズ成分L13とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。第2レンズ群G2は、正レンズ成分L21と負レンズ成分L22とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L23と負レンズ成分L24とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第4レンズ群G4は、最も第3レンズ群G3側に少なくとも一つの負レンズ成分L41と、該負レンズ成分に隣接した第2物体(パターンP)側に正レンズ成分L42とを有し、負レンズ成分L43と正レンズ成分L44とからなる負正組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L45と正レンズ成分L47とからなる負正組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L46と正レンズ成分L47とからなる負正組合わせレンズ成分とを有する。第5レンズ群G5は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凸面を向けた正レンズ成分L56と、前記正レンズ成分L56に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凹面を向けた負レンズ成分L57とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。

【0064】以下の表4に本実施例にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。

【0065】

【表4】d0=70.265608

$$\beta = -1/0.6$$

$$NA = 0.1$$

$$WD = 85.716137$$

$$\Phi EX = 117.6$$

面番号	r	d	n(g)	ν
1)	-51786.74290	20.000000	1.45814	164.86
2)	-387.92307	1.500000	1.00000	
3)	2260.31200	18.000000	1.59417	68.74
4)	462.64594	7.900393	1.00000	
5)	1676.34555	22.692292	1.45814	164.86
6)	-637.21315	1.500000	1.00000	
7)	847.36689	22.011790	1.60353	106.44
8)	-981.49278	1.500000	1.00000	
9)	386.95730	23.200000	1.60353	106.44
10)	-791.27752	1.500000	1.00000	
11)	371.59064	20.000000	1.60353	106.44

12)	502.09706	1.500000	1.00000	
13)	210.55014	17.500000	1.60353	106.44
14)	104.86413	28.621841	1.00000	
15)	-1028.36306	22.443938	1.59417	68.74
16)	-357.76601	2.017812	1.00000	
17)	-451.82137	15.000000	1.45814	164.86
18)	378.75816	12.810453	1.00000	
19)	-2331.26874	25.057766	1.59417	68.74
20)	-200.83373	3.416371	1.00000	
21)	-224.46340	15.000000	1.45814	164.86
22)	293.82042	28.011551	1.00000	
23)	-116.30271	16.000000	1.60353	106.44
24)	-225.53938	32.295859	1.00000	
25)	-749.57627	18.000000	1.59417	68.74
26)	496.13426	1.500000	1.00000	
27)	466.76405	30.000000	1.45814	164.86
28)	-506.89747	1.500000	1.00000	
29)	3185.31524	22.000000	1.45814	164.86
30)	-594.09931	1.500000	1.00000	
31)	1062.43800	27.000000	1.45814	164.86
32)	-411.11423	0.000000	1.00000	
33)	0.00000	1.500000	1.00000	
34)	1395.79139	27.152435	1.45814	164.86
35)	-266.61139	2.084592	1.00000	
36)	-256.79917	19.000000	1.59417	68.74
37)	-374.80727	4.527003	1.00000	
38)	0.0(ST0)	3.319984	1.00000	
39)	349.40075	19.000000	1.59417	68.74
40)	204.61813	5.436591	1.00000	
41)	229.61929	28.237254	1.45814	164.86
42)	2623.52325	1.500000	1.00000	
43)	328.57859	29.427562	1.45814	164.86
44)	-938.12041	1.500000	1.00000	
45)	250.93998	27.000000	1.45814	164.86
46)	700.00000	3.037883	1.00000	
47)	181.95364	26.000000	1.45814	164.86
48)	311.32758	3.436129	1.00000	
49)	177.33461	18.000000	1.59417	68.74
50)	107.91558	29.050373	1.00000	
51)	-310.18971	16.000000	1.46674	124.00
52)	202.84075	24.007054	1.00000	
53)	320.43560	23.000000	1.60353	106.44
54)	1736.01581	25.110904	1.00000	
55)	-203.59701	16.000000	1.45814	164.86
56)	3507.62409	1.501775	1.00000	
57)	887.51933	24.706358	1.59417	68.74
58)	-877.39272	14.106661	1.00000	
59)	-230.48531	18.000000	1.49597	127.66
60)	-767.62098	20.680090	1.00000	
61)	-119.74959	16.009109	1.45814	164.86

62)	-397.51407	1.501948	1.00000	
63)	-1210.70354	27.023952	1.59417	68.74
64)	-268.97737	21.739781	1.00000	
65)	-140.31396	20.082180	1.60353	106.44
66)	-286.33593	1.506870	1.00000	
67)	-1111.52693	27.043304	1.60353	106.44
68)	-433.46527	1.501967	1.00000	
69)	-1072.78826	26.021789	1.60353	106.44
70)	-522.43711	1.500000	1.00000	
71)	-1400.29604	27.009480	1.60353	106.44
72)	-523.50546	1.500992	1.00000	
73)	-3434.42436	27.004668	1.60353	106.44
74)	-842.26028	1.503615	1.00000	
75)	1131.73322	34.030167	1.45814	164.86
76)	-723.50660	11.134241	1.00000	
77)	-409.71744	25.031674	1.59417	68.74
78)	-476.64360	1.569802	1.00000	
79)	1559.03516	28.000000	1.60353	106.44
80)	0.00000	85.716137	1.00000	

(非球面係数)

第51面は非球面であり、非球面係数を以下に示す。

$$k = -1.064847$$

$$A = 0.391682 \times 10^{-9}$$

$$B = 0.194988 \times 10^{-11}$$

$$C = 0.378441 \times 10^{-17}$$

$$D = 0.734908 \times 10^{-20}$$

(条件式対応値)

$$(1) |f1/f2| = 0.646$$

$$(2) |f5/f4| = 2.527$$

$$(3) f2/f4 = 2.910$$

$$(4) \nu p2/\nu n2 = 0.417$$

$$(5) \nu p4/\nu n4 = 0.417, 0.538$$

$$(6) \beta = -1/0.6$$

$$(7) Y/L = 0.087$$

$$(8) f4N/L = -0.193$$

$$(9) f4(N+P)/L = -0.345$$

$$(10) \nu p2/\nu n2 = 0.417$$

$$(11) (|rp22|-|rn21|)/(|rp22|+|rn21|) = -0.116, -0.056$$

$$(12) \nu p4/\nu n4 = 0.417, 0.538$$

$$(13) (|rp41|-|rn42|)/(|rp41|+|rn42|) = -0.596, 0.506, 0.224$$

$$(14) \nu n1/\nu p1 = 0.417$$

$$(15) (|rp11|-|rn12|)/(|rp11|+|rn12|) = 0.567$$

$$(16) \nu n5/\nu p5 = 0.417$$

$$(17) (|rp62|-|rn61|)/(|rp62|+|rn61|) = 0.277$$

【0066】図10は本実施例の投影光学系の諸収差を示す図である。各収差図から明らかなように、広い露光領域において諸収差が極めて良好に補正されていることが分かる。

【0067】(第5実施例)図11は、本発明の第5実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例の投影光学系は、第1物体(マスクM)側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、負屈折力の第4レンズ群G4と、正屈折力の第5レンズ群G5とから構成される。

【0068】ここで、第1レンズ群G1は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凹面を向けた負レンズ成分L12と、前記負レンズ成分L12に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凸面を向けた正レンズ成分L13とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。第2レンズ群G2は、正レンズ成分L21と負レンズ成分L22とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L23と負レンズ成分L24とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L25と負レンズ成分L26とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第4レンズ群G4は、最も第3レンズ群G3側に少なくとも一つの負レンズ成分L41と、該負レンズ成分に隣接した第2物体(パターンP)側に正レンズ成分L42とを有し、負レンズ成分L43と正レンズ成分L44とからなる正負組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L45と正レンズ成分L46とからなる正負組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L47と正レンズ成分L48とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第5レンズ群G5は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凸面を向けた正レンズ成分L54と、前記正レンズ成分L54に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凹面を向けた負レンズ成分L55とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。

【0069】以下の表5に本実施例にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。

【0070】

【表5】 $d_0 = 70.200000$

$\beta = -1/0.6$

NA=0.1

WD=85.481123

$\Phi EX = 117.6$

面番号	r	d	n(g)	ν
1)	$-0.539759 \cdot 10^{17}$	20.000000	1.49597	127.66
2)	-340.59311	1.500000	1.00000	
3)	6206.40041	18.000000	1.59417	68.74
4)	365.41142	5.904637	1.00000	
5)	653.93549	22.500000	1.45814	164.86
6)	-1118.92718	1.500000	1.00000	
7)	513.78429	22.000000	1.60353	106.44
8)	-1175.42417	1.500000	1.00000	
9)	374.98570	20.000000	1.60353	106.44
10)	-2395.21153	1.500000	1.00000	

11)	296.80113	25.576846	1.59417	68.74
12)	-1560.18271	1.500000	1.00000	
13)	3615.58713	17.500000	1.60353	106.44
14)	108.11240	28.843050	1.00000	
15)	854.52482	25.680955	1.59417	68.74
16)	-264.16753	1.500000	1.00000	
17)	-287.37597	15.000000	1.60353	106.44
18)	439.41516	12.782474	1.00000	
19)	4669.28515	25.133024	1.59417	68.74
20)	-182.66586	1.500000	1.00000	
21)	-187.65800	15.000000	1.49597	127.66
22)	287.81979	29.410913	1.00000	
23)	-116.29195	16.054437	1.59417	68.74
24)	-249.11376	34.182274	1.00000	
25)	-805.33305	18.610839	1.59417	68.74
26)	649.09488	1.629707	1.00000	
27)	630.00000	30.348748	1.45814	164.86
28)	-401.23089	1.816968	1.00000	
29)	19877.82065	22.000000	1.45814	164.86
30)	-512.02691	1.500000	1.00000	
31)	1511.10448	28.000000	1.45814	164.86
32)	-397.55013	0.000000	1.00000	
33)	0.00000	1.500000	1.00000	
34)	5528.56394	30.833333	1.45814	164.86
35)	-218.95596	1.556697	1.00000	
36)	-218.56963	20.000000	1.59417	68.74
37)	-320.95903	1.114091	1.00000	
38)	0.0(ST0)	1.500000	1.00000	
39)	315.87248	19.000000	1.59417	68.74
40)	203.44240	3.579748	1.00000	
41)	221.94806	30.216572	1.45814	164.86
42)	2145.87337	1.500000	1.00000	
43)	296.00310	29.046050	1.45814	164.86
44)	-2892.11305	1.521727	1.00000	
45)	243.00281	28.000000	1.45814	164.86
46)	700.00000	4.080469	1.00000	
47)	220.55754	26.172745	1.45814	164.86
48)	250.99123	4.002418	1.00000	
49)	156.50008	18.000000	1.59417	68.74
50)	107.33503	28.838186	1.00000	
51)	-316.96454	16.000000	1.46674	124.00
52)	241.04994	42.585159	1.00000	
53)	343.67811	24.000000	1.59417	68.74
54)	917.77683	27.614270	1.00000	
55)	-153.75948	16.000000	1.49597	127.66
56)	-1261.47772	1.534565	1.00000	
57)	2018.29590	25.000000	1.59417	68.74
58)	-720.35811	25.320974	1.00000	
59)	-142.02635	16.000000	1.45814	164.86
60)	-520.98285	1.500000	1.00000	

61)	-2067.16694	28.000000	1.59417	68.74
62)	-451.46060	21.528604	1.00000	
63)	-137.54899	20.000000	1.60353	106.44
64)	-306.84068	1.500000	1.00000	
65)	-682.39357	27.000000	1.59417	68.74
66)	-453.45052	1.500000	1.00000	
67)	-832.37650	26.000000	1.59417	68.74
68)	-487.92698	1.514453	1.00000	
69)	-1260.69791	28.000000	1.59417	68.74
70)	-590.91618	1.544488	1.00000	
71)	7108.35859	28.000000	1.60353	106.44
72)	-610.82998	1.975986	1.00000	
73)	1886.76960	34.000000	1.45814	164.86
74)	-496.45448	5.263467	1.00000	
75)	-406.25729	25.000000	1.59417	68.74
76)	-539.29224	1.500000	1.00000	
77)	1185.37364	28.000000	1.60353	106.44
78)	0.00000	85.481123	1.00000	

(非球面係数)

第51面は非球面であり、非球面係数を以下に示す。

$$k = -1.417969$$

$$A = 0.21239 \times 10^{-8}$$

$$B = 0.183680 \times 10^{-11}$$

$$C = -0.298594 \times 10^{-17}$$

$$D = 0.713526 \times 10^{-20}$$

(条件式対応値)

$$(1) |f1/f2| = 1.020$$

$$(2) |f5/f4| = 2.663$$

$$(3) f2/f4 = 1.964$$

$$(4) \nu p2/\nu n2 = 0.645, 0.538$$

$$(5) \nu p4/\nu n4 = 0.538, 0.417, 0.645$$

$$(6) \beta = -1/0.6$$

$$(7) Y/L = 0.087$$

$$(8) f4N/L = -0.215$$

$$(9) f4(N+P)/L = -0.337$$

$$(10) \nu p2/\nu n2 = 0.645, 0.538$$

$$(11) (|rp22|-|rn21|)/(|rp22|+|rn21|) = -0.397, -0.042, -0.013$$

$$(12) \nu p4/\nu n4 = 0.538, 0.417, 0.645$$

$$(13) (|rp41|-|rn42|)/(|rp41|+|rn42|) = 0.231, 0.597, 0.380$$

$$(14) \nu n1/\nu p1 = 0.417$$

$$(15) (|rp11|-|rn12|)/(|rp11|+|rn12|) = 0.283$$

$$(16) \nu n5/\nu p5 = 0.417$$

$$(17) (|rp62|-|rn61|)/(|rp62|+|rn61|) = 0.100$$

【0071】図12は本実施例の投影光学系の諸収差を示す図である。各収差図から明らかなように、広い露光領域において諸収差が極めて良好に補正されていること

が分かる。

【0072】(第6実施例)図13は、本発明の第6実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例の投影光学系は、第1物体(マスクM)側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、負屈折力の第4レンズ群G4と、正屈折力の第5レンズ群G5とから構成される。

【0073】ここで、第1レンズ群G1は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凹面を向けた負レンズ成分L12と、前記負レンズ成分L12に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凸面を向けた正レンズ成分L13とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。第2レンズ群G2は、正レンズ成分L21と負レンズ成分L22とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L23と負レンズ成分L24とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L25と負レンズ成分L26とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第4レンズ群G4は、最も第3レンズ群G3側に少なくとも一つの負レンズ成分L41と、該負レンズ成分に隣接した第2物体(パターンP)側に正レンズ成分L42とを有し、負レンズ成分L43と正レンズ成分L44とからなる正負組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L45と正レンズ成分L46とからなる正負組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L47と正レンズ成分L48とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第5レンズ群G5は、第1物体(マスクM)側から順に、第2物体(パターンP)側に凸面を向けた正レンズ成分L54と、前記正レンズ成分L53に隣接して配置され前記第1物体(マスクM)側に凹面を向けた負レンズ成分L54とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。

【0074】以下の表6に本実施例にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。

【0075】

【表6】d0=70.200000

$$\beta = -1/0.6$$

$$NA = 0.1$$

$$WD = 86.296134$$

$$\Phi EX = 117.6$$

面番号	r	d	n(g)	ν
1)	0.1054082 · 10 ¹⁴	19.000000	1.60353	106.44
2)	-357.42516	1.500000	1.00000	
3)	-2302.95434	19.000000	1.59417	68.74
4)	350.57604	8.037814	1.00000	
5)	436.09560	22.500000	1.45814	164.86
6)	-970.64425	1.500000	1.00000	
7)	548.20100	23.000000	1.60353	106.44
8)	-1586.33595	1.500000	1.00000	
9)	353.86539	20.976396	1.59417	68.74

10)	-1918.50603	1.500000	1.00000	
11)	289.94606	23.827565	1.59417	68.74
12)	-39648.34887	1.500000	1.00000	
13)	1169.46549	18.500000	1.60353	106.44
14)	105.46208	25.859160	1.00000	
15)	15203.76748	25.334215	1.59417	68.74
16)	-248.41196	1.500000	1.00000	
17)	-275.37580	15.000000	1.60353	106.44
18)	689.02441	10.583626	1.00000	
19)	1209.77164	25.129075	1.59417	68.74
20)	-190.87481	1.500000	1.00000	
21)	-202.50505	15.000000	1.49597	127.66
22)	251.42433	29.443548	1.00000	
23)	-112.32873	16.000000	1.59417	68.74
24)	-230.89087	43.052032	1.00000	
25)	-917.61650	19.000000	1.59417	68.74
26)	811.84504	1.715991	1.00000	
27)	670.00637	36.629748	1.45814	164.86
28)	-329.20259	1.903171	1.00000	
29)	927.55080	28.000000	1.45814	164.86
30)	-367.61279	0.000000	1.00000	
31)	0.00000	1.500000	1.00000	
32)	1181.91446	33.970797	1.45814	164.86
33)	-206.94589	1.670547	1.00000	
34)	-205.15623	20.000000	1.59417	68.74
35)	-321.91350	1.922247	1.00000	
36)	0.0(STO)	0.765942	1.00000	
37)	306.55823	19.000000	1.59417	68.74
38)	201.78489	13.182824	1.00000	
39)	245.61686	27.658787	1.45814	164.86
40)	2336.05947	2.472164	1.00000	
41)	279.91812	30.247733	1.45814	164.86
42)	-1994.67233	1.913346	1.00000	
43)	238.47486	28.000000	1.45814	164.86
44)	700.00000	3.275787	1.00000	
45)	196.61435	26.500569	1.60353	106.44
46)	215.86657	2.629315	1.00000	
47)	194.74926	18.000000	1.59417	68.74
48)	108.87374	30.571465	1.00000	
49)	-264.91454	16.000000	1.46674	124.00
50)	325.99875	43.958558	1.00000	
51)	370.14152	24.000000	1.59417	68.74
52)	2957.23270	27.847693	1.00000	
53)	-165.20352	16.000000	1.49597	127.66
54)	1399.68169	1.500000	1.00000	
55)	1019.56807	25.000000	1.59417	68.74
56)	-565.64191	24.967206	1.00000	
57)	-142.70668	16.000000	1.49597	127.66
58)	-636.35770	1.500000	1.00000	
59)	-1814.65569	28.000000	1.59417	68.74

60)	-387.80204	20.041049	1.00000	
61)	-142.91810	20.152415	1.60353	106.44
62)	-319.12533	1.500000	1.00000	
63)	-583.72167	29.097182	1.59417	68.74
64)	-415.14776	1.500000	1.00000	
65)	-949.34273	30.051417	1.59417	68.74
66)	-416.21843	1.567867	1.00000	
67)	-3151.97486	32.000000	1.59417	68.74
68)	-490.99876	1.765648	1.00000	
69)	908.32736	35.634360	1.45814	164.86
70)	-539.43192	11.932101	1.00000	
71)	-400.99621	26.000000	1.59417	68.74
72)	-484.15419	6.214505	1.00000	
73)	1135.92662	30.000000	1.60353	106.44
74)	0.00000	86.296134	1.00000	

(非球面係数)

第49面は非球面であり、非球面係数を以下に示す。

$$k = -1.102582$$

$$A = 0.121032 \times 10^{-8}$$

$$B = 0.179426 \times 10^{-11}$$

$$C = 0.170500 \times 10^{-16}$$

$$D = 0.788004 \times 10^{-20}$$

(条件式対応値)

$$(1) |f_1/f_2| = 0.997$$

$$(2) |f_5/f_4| = 2.436$$

$$(3) f_2/f_4 = 1.797$$

$$(4) \nu_{p2}/\nu_{n2} = 0.645, 0.538$$

$$(5) \nu_{p4}/\nu_{n4} = 0.538, 0.645$$

$$(6) \beta = -1/0.6$$

$$(7) Y/L = 0.087$$

$$(8) f_{4N}/L = -0.230$$

$$(9) f_{4(N+P)}/L = -0.464$$

$$(10) \nu_{p2}/\nu_{n2} = 0.645, 0.538$$

$$(11) (|rp_{22}| - |rn_{21}|) / (|rp_{22}| + |rn_{21}|) = 0.94$$

$$3, -0.051, -0.030$$

$$(12) \nu_{p4}/\nu_{n4} = 0.538, 0.645$$

$$(13) (|rp_{41}| - |rn_{42}|) / (|rp_{41}| + |rn_{42}|) = -0.15$$

$$7, 0.481, 0.2$$

$$93$$

$$(14) \nu_{n1}/\nu_{p1} = 0.417$$

$$(15) (|rp_{11}| - |rn_{12}|) / (|rp_{11}| + |rn_{12}|) = 0.109$$

$$(16) \nu_{n5}/\nu_{p5} = 0.417$$

$$(17) (|rp_{62}| - |rn_{61}|) / (|rp_{62}| + |rn_{61}|) = 0.147$$

【0076】図14は本実施例の投影光学系の諸収差を示す図である。各収差図から明らかなように、広い露光領域において諸収差が極めて良好に補正されていることが分かる。

【0077】(第7実施例) 図15は、本発明の第7実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。本実施例の投影光学系は、第1物体(マスクM)側から

順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、負屈折力の第4レンズ群G4と、正屈折力の第5レンズ群G5とから構成される。

【0078】ここで、第1レンズ群G1は、第1物体（マスクM）側から順に、第2物体（パターンP）側に凹面を向けた負レンズ成分L12と、前記負レンズ成分L12に隣接して配置され前記第1物体（マスクM）側に凸面を向けた正レンズ成分L13とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。第2レンズ群G2は、正レンズ成分L21と負レンズ成分L22とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L23と負レンズ成分L24とからなる正負組合わせレンズ成分と、正レンズ成分L25と負レンズ成分L26とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第4レンズ群G4は、最も第3レンズ群G3側に少なくとも一つの負レンズ成分L41と、該負レンズ成分に隣接した第2物体（パターンP）側に正レンズ成分L42とを有し、負レンズ成分L43と正レンズ成分L44とからなる正負組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L45と正レンズ成分L46とからなる正負組合わせレンズ成分と、負レンズ成分L47と正レンズ成分L48とからなる正負組合わせレンズ成分とを有する。第5レンズ群G5は、第1物体（マスクM）側から順に、第2物体（パターンP）側に凸面を向けた正レンズ成分L53と、前記正レンズ成分L53に隣接して配置され前記第1物体（マスクM）側に凹面を向けた負レンズ成分L54とからなる正負組合わせレンズ成分を有する。

【0079】以下の表7に本実施例にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。

【0080】

【表7】d0=70.836224

$\beta = -1/0.6$

NA=0.1

WD=87.021963

$\Phi EX = 117.6$

面番号	r	d	n(g)	ν
1)	-5341.93750	19.000000	1.49597	127.66
2)	-350.55066	1.500000	1.00000	
3)	8538.15251	19.000000	1.59417	68.74
4)	351.89013	3.112846	1.00000	
5)	417.33825	22.500000	1.45814	164.86
6)	-994.98089	1.500000	1.00000	
7)	521.10933	23.000000	1.60353	106.44
8)	-1121.65220	1.500000	1.00000	
9)	375.40095	20.000000	1.59417	68.74
10)	-2124.22273	1.500000	1.00000	
11)	314.47992	23.108798	1.59417	68.74
12)	-7443.04294	1.500000	1.00000	
13)	1459.71484	18.500000	1.60353	106.44

14)	107.66491	25.254754	1.00000	
15)	-13844.20750	25.590919	1.59417	68.74
16)	-275.78975	1.500000	1.00000	
17)	-279.14824	15.000000	1.49597	127.66
18)	625.64701	10.456905	1.00000	
19)	2010.31409	26.009526	1.59417	68.74
20)	-205.48542	2.682291	1.00000	
21)	-224.77293	15.000000	1.49597	127.66
22)	264.01261	30.354760	1.00000	
23)	-115.09051	16.000000	1.59417	68.74
24)	-271.03937	42.310869	1.00000	
25)	-715.17727	19.000000	1.59417	68.74
26)	1014.24103	2.044443	1.00000	
27)	739.44538	36.929225	1.45814	164.86
28)	-307.00745	1.628752	1.00000	
29)	880.35283	28.612407	1.45814	164.86
30)	-371.90331	0.000000	1.00000	
31)	0.00000	1.500000	1.00000	
32)	803.69329	32.759846	1.45814	164.86
33)	-245.54222	1.866143	1.00000	
34)	-240.56712	20.000000	1.59417	68.74
35)	-385.92303	3.945808	1.00000	
36)	0.0(ST0)	2.717548	1.00000	
37)	361.58869	19.000000	1.59417	68.74
38)	207.80169	12.453512	1.00000	
39)	236.62085	32.323864	1.45814	164.86
40)	-4620.60017	1.500000	1.00000	
41)	284.73351	29.908706	1.45814	164.86
42)	-3459.32951	1.500000	1.00000	
43)	228.80459	28.000000	1.45814	164.86
44)	700.00000	2.875878	1.00000	
45)	202.74246	27.420599	1.45814	164.86
46)	262.14637	2.205105	1.00000	
47)	205.17720	18.000000	1.60353	106.44
48)	111.26290	31.795909	1.00000	
49)	-234.48954	16.121796	1.46674	124.00
50)	455.90907	44.604582	1.00000	
51)	412.94641	24.186869	1.59417	68.74
52)	3290.49837	28.595808	1.00000	
53)	-144.76524	16.000000	1.49597	127.66
54)	-2249.92414	1.500000	1.00000	
55)	1991.47086	25.000000	1.59417	68.74
56)	-598.04775	25.132173	1.00000	
57)	-141.67422	16.000000	1.49597	127.66
58)	-469.96390	1.500000	1.00000	
59)	-962.83571	28.000000	1.59417	68.74
60)	-383.39968	19.610126	1.00000	
61)	-142.95986	20.185786	1.60353	106.44
62)	-287.86159	1.500000	1.00000	
63)	-509.08423	29.423818	1.59417	68.74

64)	-424.22759	1.500000	1.00000	
65)	-983.49427	30.339993	1.59417	68.74
66)	-462.52476	1.500000	1.00000	
67)	-8451.87599	32.000000	1.59417	68.74
68)	-510.36350	1.527940	1.00000	
69)	1029.37577	37.000000	1.45814	164.86
70)	-460.07439	7.061448	1.00000	
71)	-373.22547	26.425620	1.59417	68.74
72)	-476.67556	3.556440	1.00000	
73)	1057.45543	30.000000	1.60353	106.44
74)	0.00000	87.021963	1.00000	

(非球面係数)

第49面は非球面であり、非球面係数を以下に示す。

$$k = -1.040835$$

$$A = 0.256115 \times 10^{-8}$$

$$B = 0.193396 \times 10^{-11}$$

$$C = 0.146675 \times 10^{-16}$$

$$D = 0.482865 \times 10^{-20}$$

(条件式対応値)

$$(1) |f1/f2| = 0.985$$

$$(2) |f5/f4| = 2.507$$

$$(3) f2/f4 = 1.832$$

$$(4) \nu p2/\nu n2 = 0.645, 0.538$$

$$(5) \nu p4/\nu n4 = 0.538, 0.645$$

$$(6) \beta = -1/0.6$$

$$(7) Y/L = 0.087$$

$$(8) f4N/L = -0.244$$

$$(9) f4(N+P)/L = -0.468$$

$$(10) \nu p2/\nu n2 = 0.645, 0.538$$

$$(11) (|rp22|-|rn21|)/(|rp22|+|rn21|) = 0.672, -0.006, -0.045$$

$$(12) \nu p4/\nu n4 = 0.538, 0.645$$

$$(13) (|rp41|-|rn42|)/(|rp41|+|rn42|) = -0.061, 0.344, 0.278$$

$$(14) \nu n1/\nu p1 = 0.417$$

$$(15) (|rp11|-|rn12|)/(|rp11|+|rn12|) = 0.085$$

$$(16) \nu n5/\nu p5 = 0.417$$

$$(17) (|rp62|-|rn61|)/(|rp62|+|rn61|) = 0.104$$

【0081】図16は本実施例の投影光学系の諸収差を示す図である。各収差図から明らかなように、広い露光領域において諸収差が極めて良好に補正されていることが分かる。

【0082】また、上記各実施例の投影光学系を図1又は図2に示す投影露光装置に適用した場合は、400nm～440nmまでの広い波長域での露光光を用いて露光を実現でき、露光時間の短縮化を達成できる。さらに、各実施例の投影光学系は、極めて広い露光領域において良好な像を形成できるため、各実施例の投影光学系を用いてデバイスの回路パターンを基板上に投影露光すれば、良好なパターン像を広い範囲にわたって短時間で

得ることができ、集積回路素子や液晶パネルなどのデバイス製造時のスループットを向上させることができる。

【0083】なお、上述の各実施例では投影光学系の拡大倍率が $-1.67 (= -1/0.6)$ 倍である系であるが、本発明は拡大倍率を有するものには限定されない。例えば、前記各実施例における第1物体側と第2物体側とを逆転させた状態で使用して縮小倍率を得ることもできる。

【0084】また、上述の各実施例では、g線とh線との露光光を供給する水銀ランプを光源として用いた例を示したが、これに限ることなく、例えば単独にそれぞれの輝線のみを用いる場合、又はi線(365nm)の露光光を供給する水銀ランプを用いる場合、若しくは193nm, 248nmの光を供給するエキシマレーザ等の極紫外光源を用いる場合に適用することができる。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の投影光学系によれば両側テレセントリックでありながら、広い露光領域にわたって諸収差を良好に補正しうるコンパクトで高性能な光学系を達成できる。また、広い露光領域において、広いスペクトル幅について色消しされた投影光学系をも達成できる。さらに、本発明の投影露光装置によれば、極めて広い露光領域において良好な像を形成でき、露光時間の短縮化を達成できる。加えて、本発明のデバイス製造方法では、スループットを向上させて良好なパターン像を得ることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる投影光学系を備えた一括露光型投影露光装置の構成を示す斜視図である。

【図2】本発明にかかる投影光学系を備えた走査型投影露光装置の構成を示す斜視図である。

【図3】第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図4】第1実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

【図5】第2実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図6】第2実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

【図7】第3実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図8】第3実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

【図9】第4実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図10】第4実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

【図11】第5実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図12】第5実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

す図である。

【図 13】第 6 実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図 14】第 6 実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

【図 15】第 7 実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図 16】第 7 実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。

す図である。

【符号の説明】

G 1 第 1 レンズ群

G 2 第 2 レンズ群

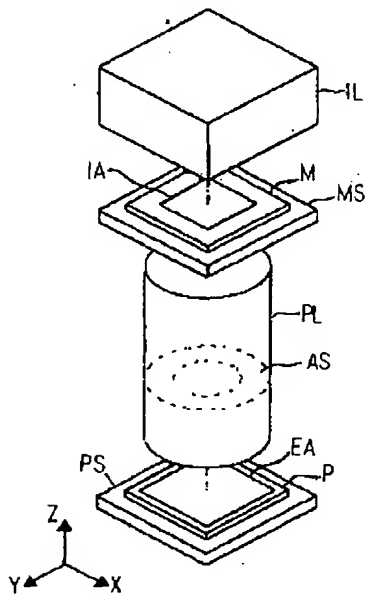
G 3 第 3 レンズ群

G 4 第 4 レンズ群

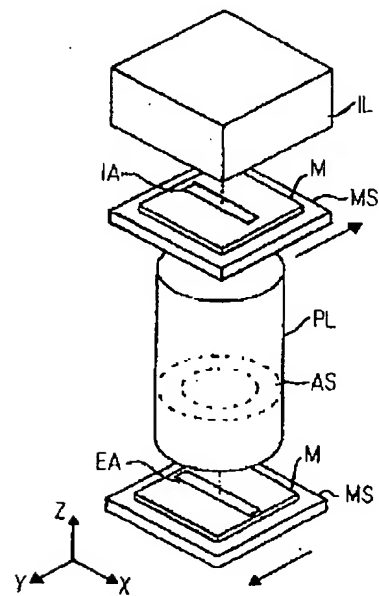
G 5 第 5 レンズ群

A S 開口絞り

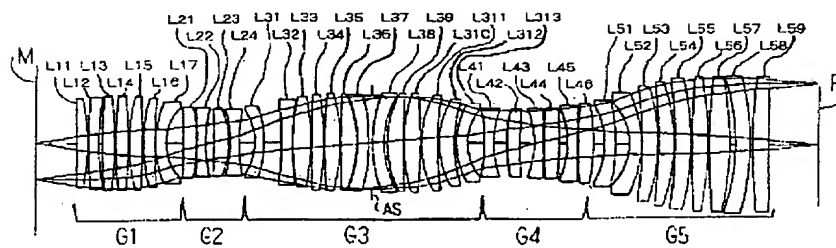
【図 1】



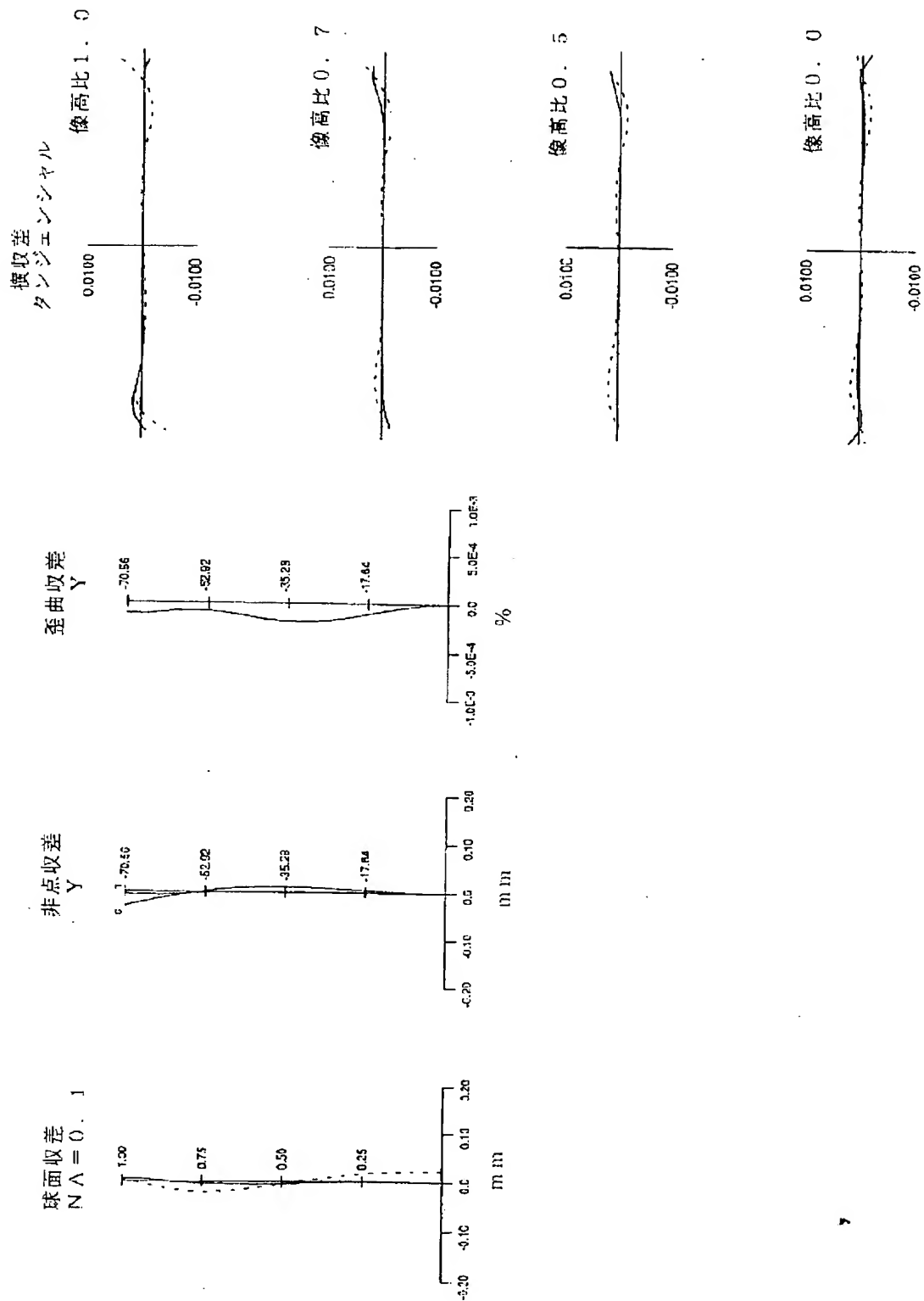
【図 2】



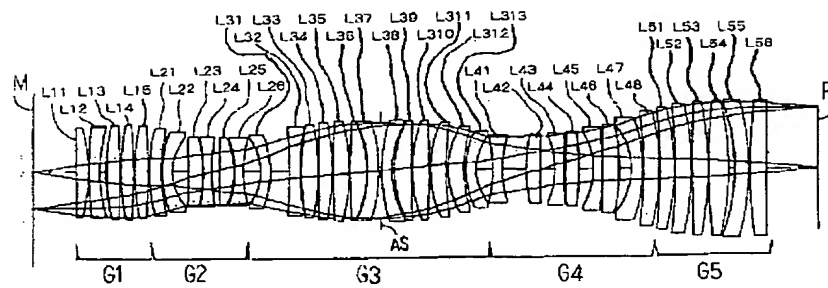
【図 3】



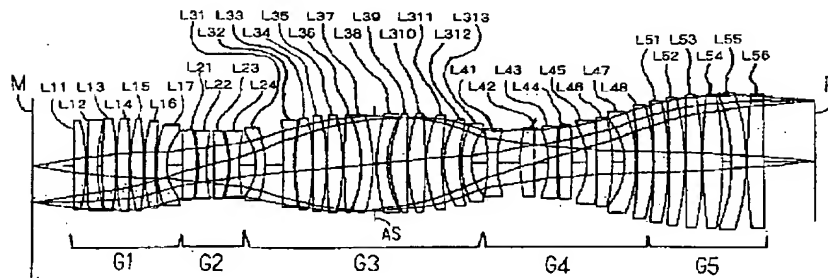
【図4】



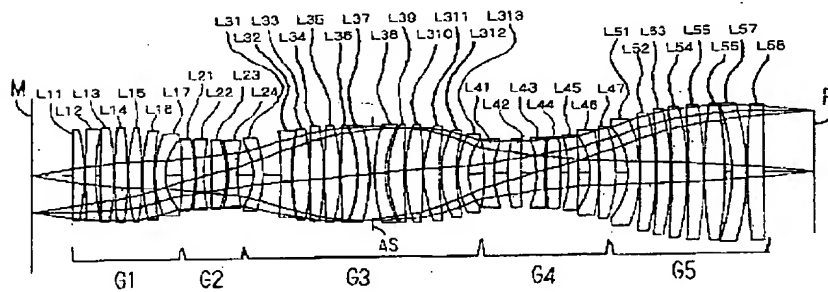
【図5】



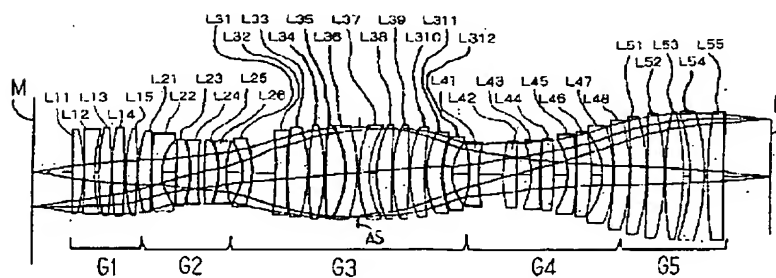
【図7】



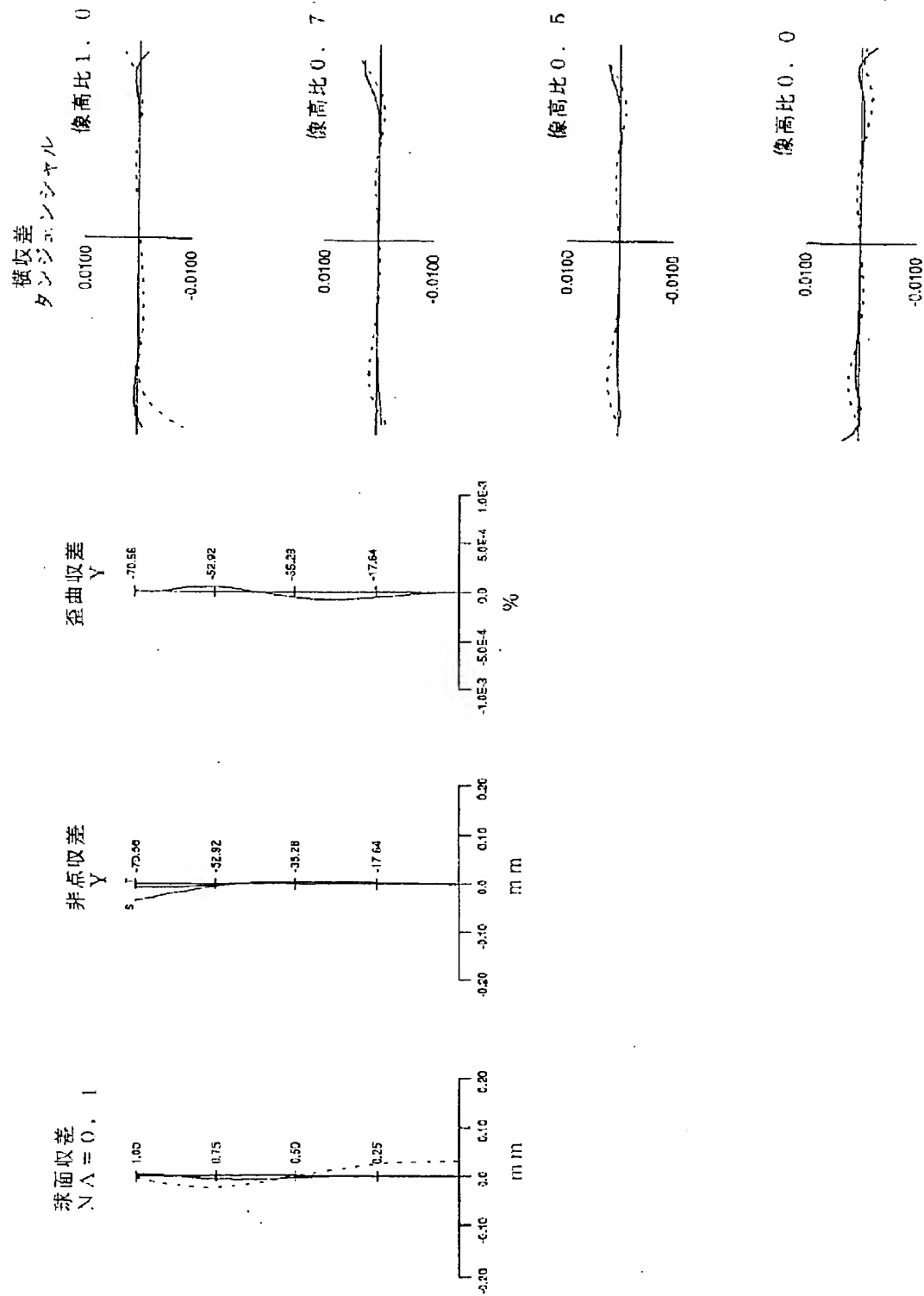
【図9】



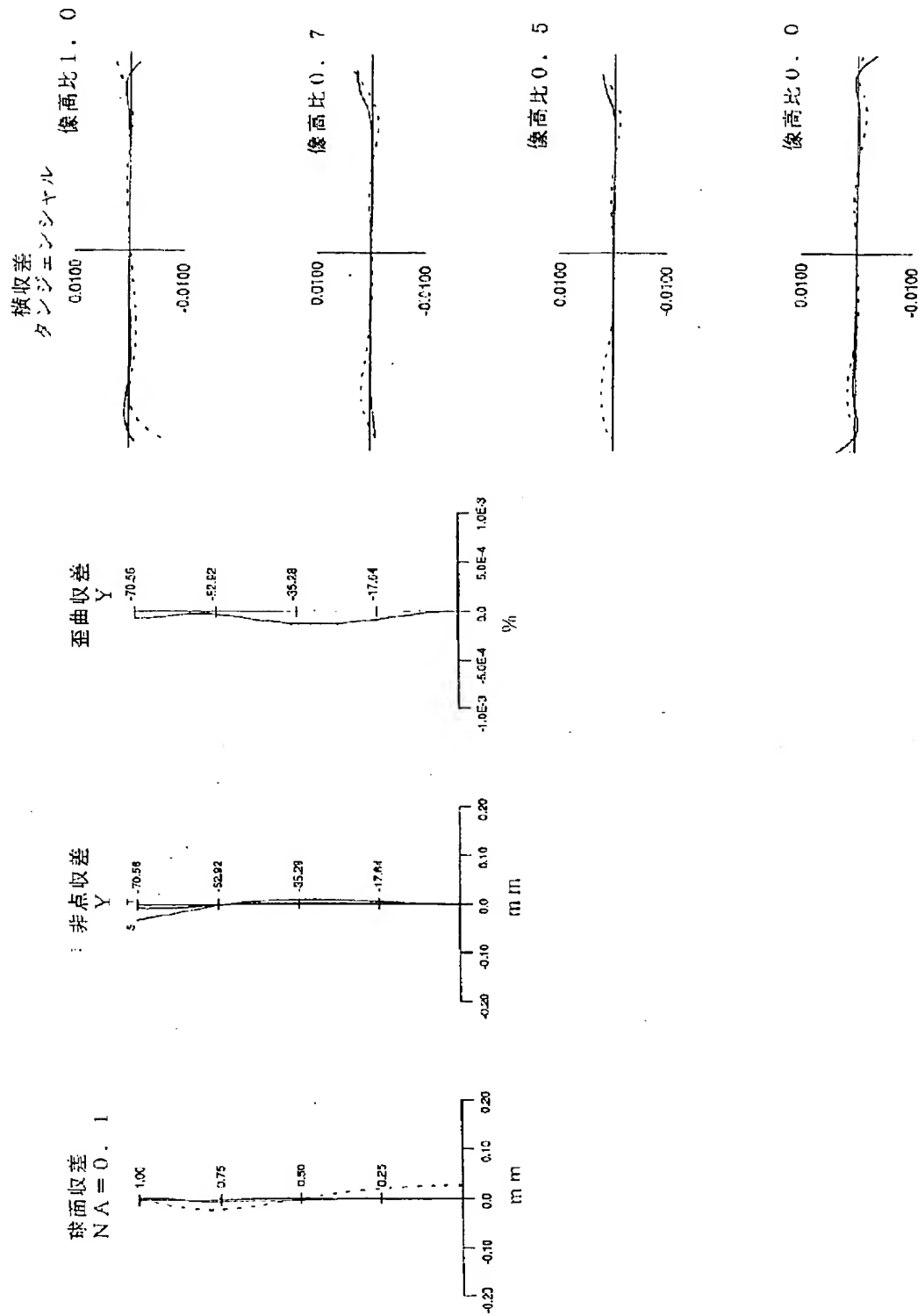
【図13】



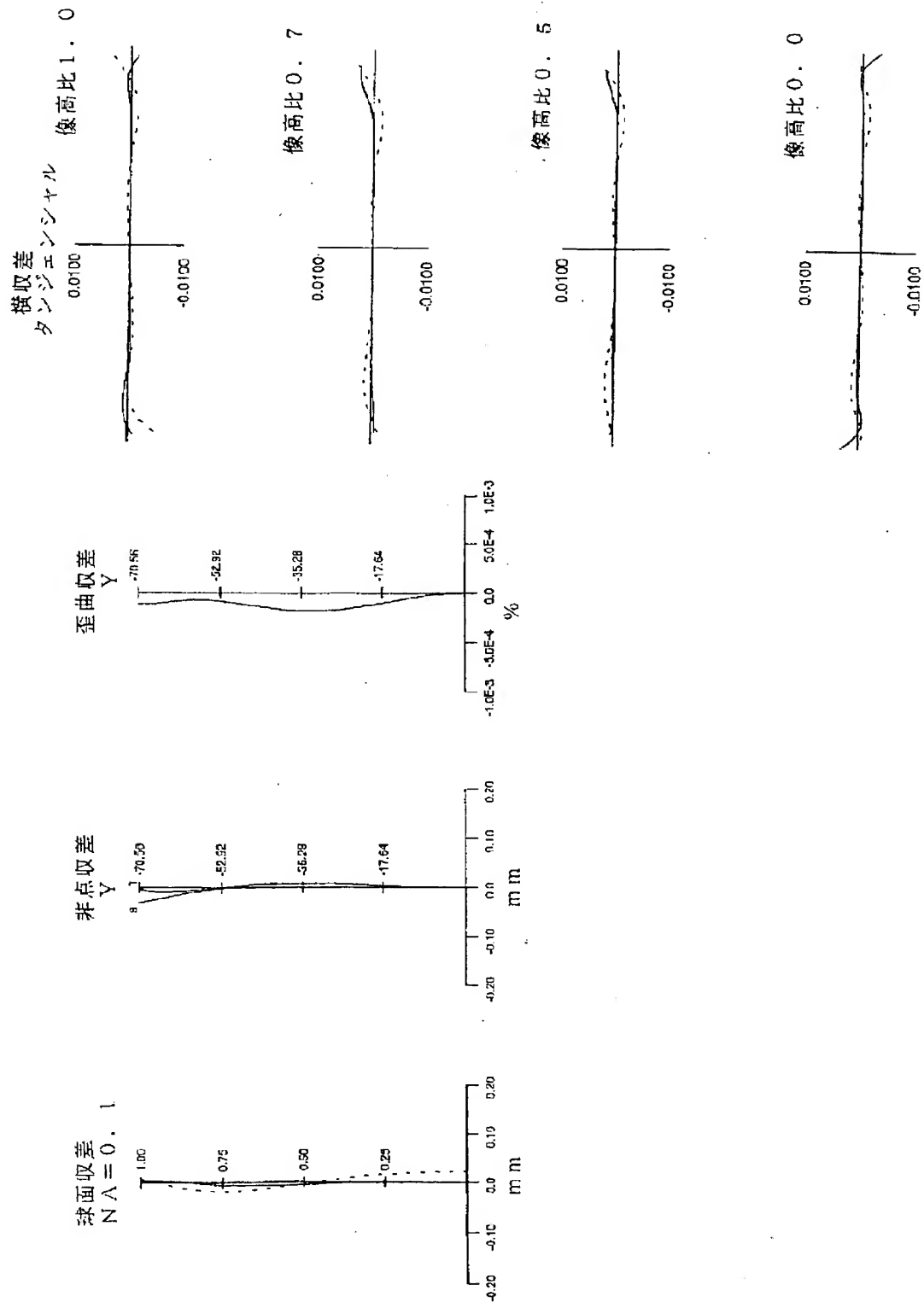
【図6】



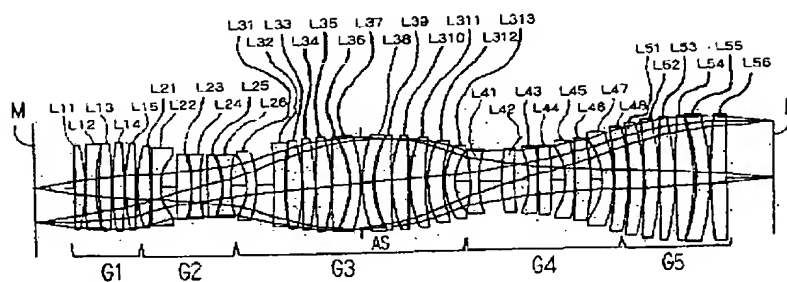
【図 8】



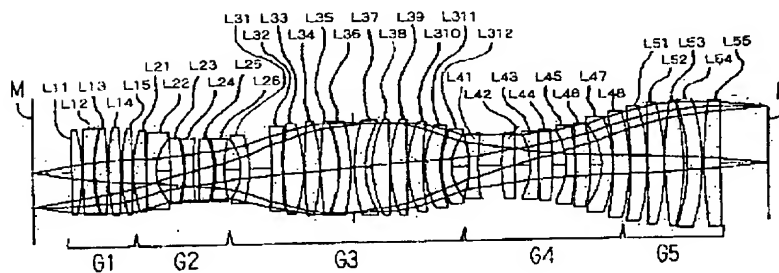
【図10】



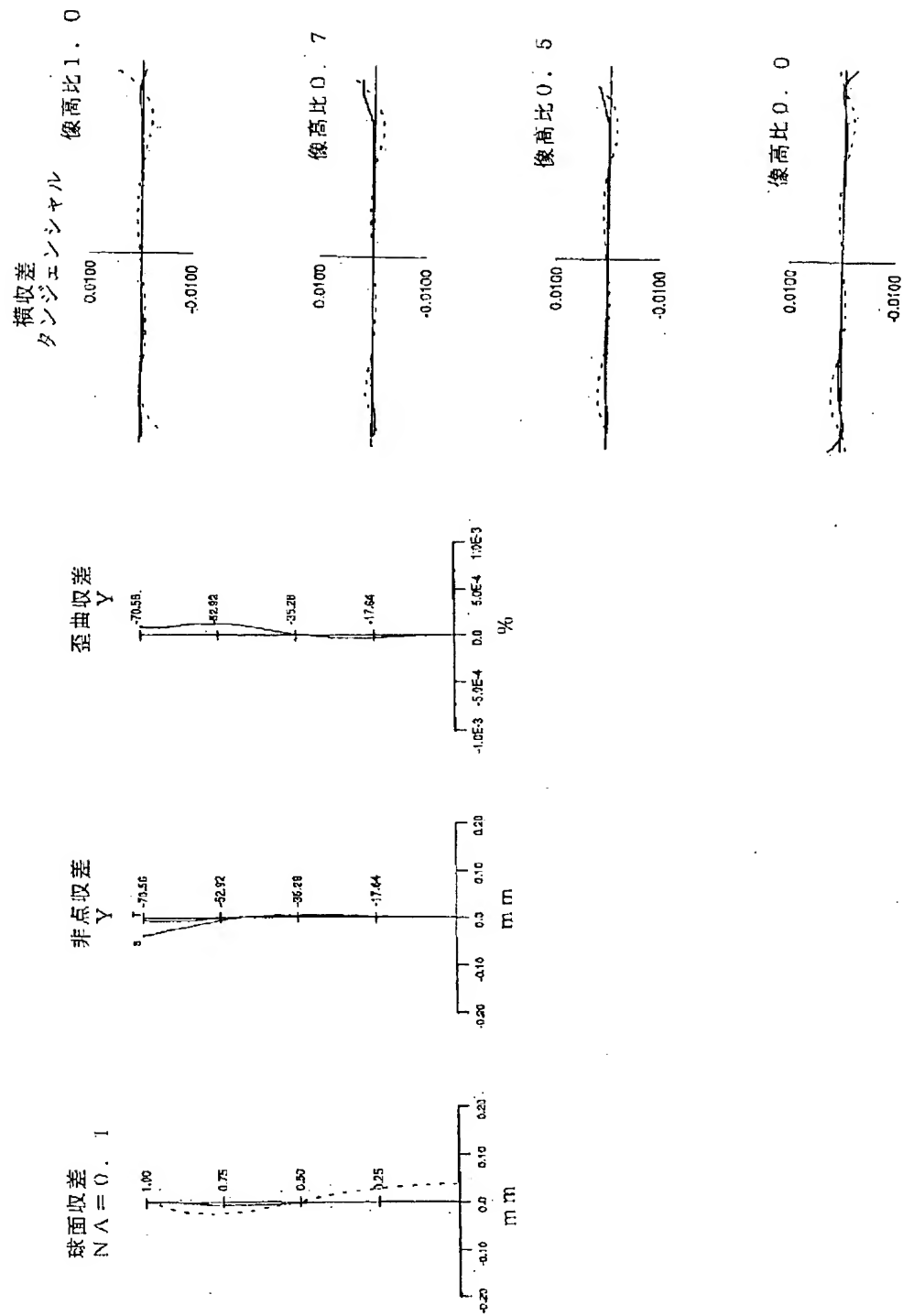
【図11】



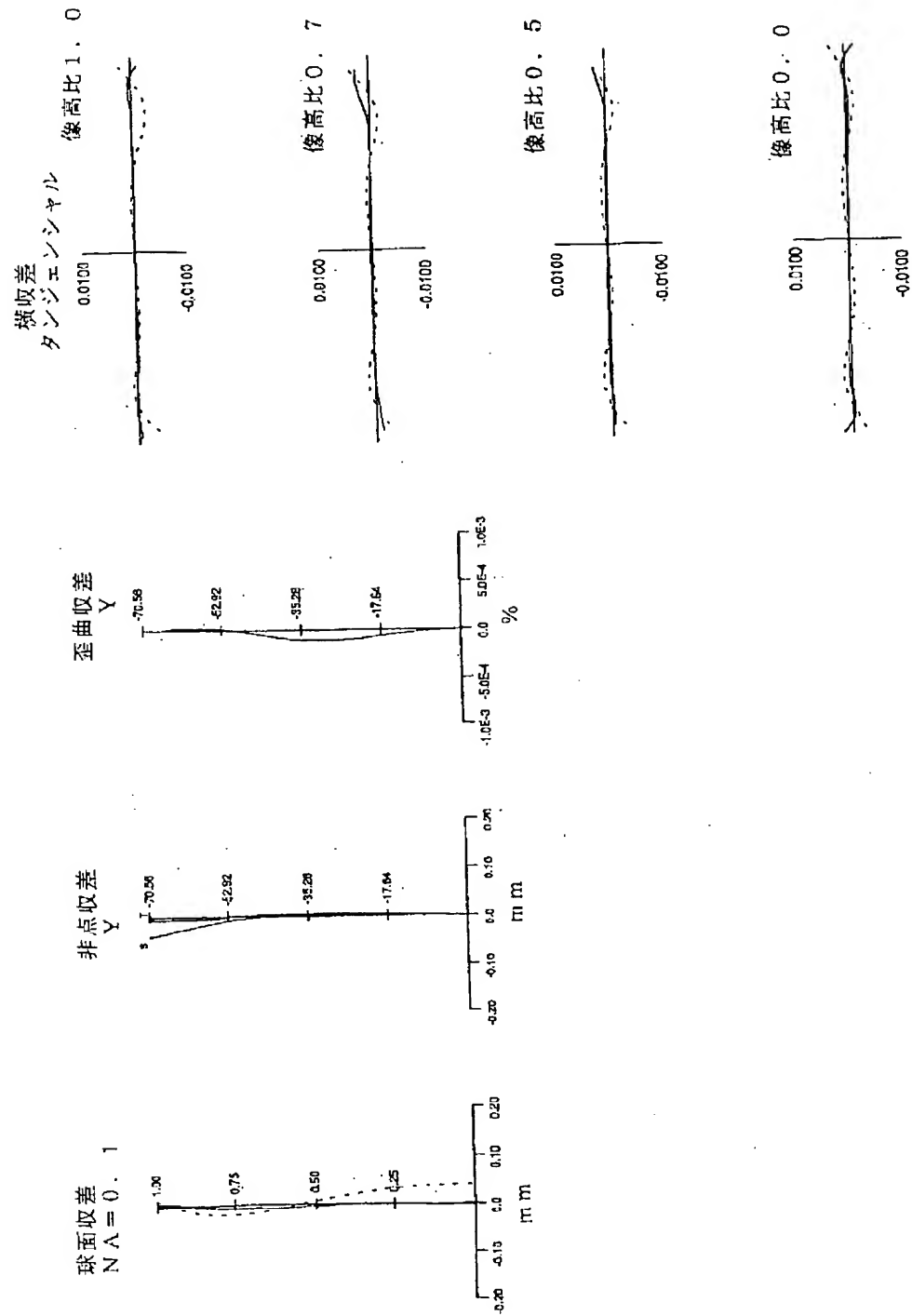
【図15】



【図12】



【図14】



【図16】

